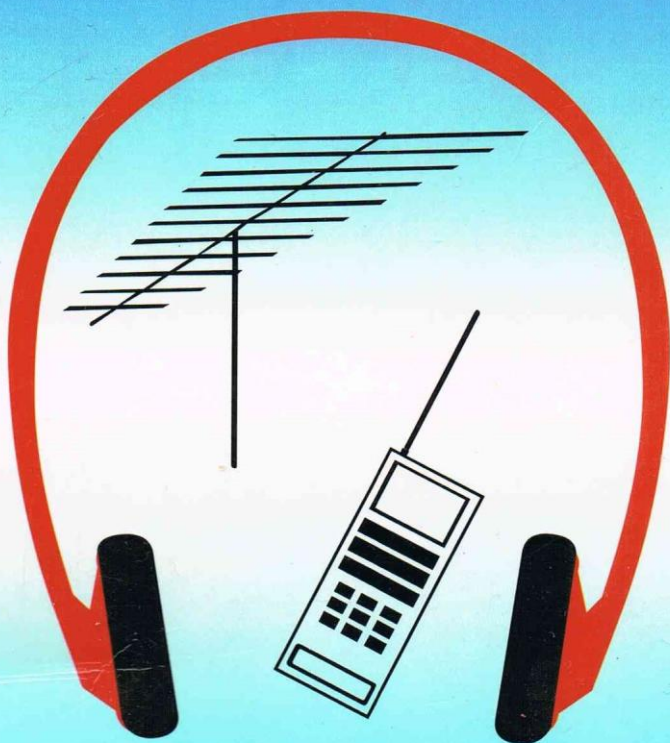


JACEK MATUSZCZYK

SP2MBE

PORADNIK ANTENOWY

dla krótkofalowców



WYDAWNICTWA KOMUNIKACJI I ŁĄCZNOŚCI

SP2MBE
PORADNIK
ANTENOWY
dla krótkofalowców

JACEK MATUSZCZYK

SP2MBE

PORADNIK ANTENOWY

dla krótkofalowców



**WYDAWNICTWA KOMUNIKACJI I ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA**

Projekt okładki: *Dariusz Litwiniec*
Opracowanie graficzne: *Tadeusz Pietrzyk*
Redaktor merytoryczny: *Jolanta Horeczy*
Redaktor techniczny: *Alicja Pietrzak*
Korekta: *Alina Podmiotko*

621.396.67

Poradnik dla początkujących i zaawansowanych krótkofalowców. Zawiera parametry, budowę i zasadę działania wszystkich typów anten zarówno krótkofalowych, jak i ultrakrótkofalowych, w tym najnowszych typów anten magnetycznych i logarytmiczno-periodycznych. Wskazówki dotyczące materiałów i podzespołów używanych do budowy anten oraz montażu i uziemień anten (wraz z zasadami bhp) umożliwiające samodzielne zbudowanie anteny dowolnego typu.

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o.
Warszawa 1996

ISBN 83-206-1186-5

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o.
ul. Kazimierzowska 52, 02-546 Warszawa,
tel. 49-27-51, fax 49-23-22
Warszawa 1996. Wydanie I

Drukarnia Wydawnicza im. W. L. Anczyca S.A. w Krakowie.
Zam. 4543/96

Spis treści

OD AUTORA	9
1. ANTENA — PODSTAWOWE PARAMETRY, BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA	11
1.1. Częstotliwość rezonansowa i szerokość pasma anteny	13
1.2. Zysk energetyczny	14
1.3. Impedancja wejściowa anteny i rezystancja promieniowania	15
1.4. Współczynnik fali stojącej (WFS)	16
2. TYPY ANTEN	18
2.1. Anteny dookólne	18
2.2. Anteny kierunkowe	22
3. ANTENY KRÓTKOFALOWE 1,8—30 MHz	27
3.1. Anteny drutowe jedno- i wielopasmowe	27
3.1.1. Antena LW (Long-Wire)	29
3.1.2. Antena dipol półfalowy	31
3.1.3. Antena podwójny Zeppelin (Double Zepp)	34
3.1.4. Antena G5RV	38
3.1.5. Antena W3DZZ	40
3.1.6. Antena 5-dipolowa	42
3.2. Anteny pionowe jedno- i wielopasmowe	43
3.2.1. Jednopasmowa antena GP	43
3.2.2. Antena GP na 3,5 MHz oraz 145 MHz	44
3.2.3. Czteropasmowa antena GP	46
3.2.4. Wielopasmowa antena KF-mobile	48

3.3.	Anteny kierunkowe jedno- i wielopasmowe	53
3.3.1.	Czteroelementowy beam na pasma 14 i 21 MHz.	54
3.3.2.	Trzyelementowy beam na 28 MHz.	56
3.3.3.	Beam na 7 MHz	57
3.3.4.	Beam na 14 i 21 MHz.	59
3.3.5.	Trzypasmowa antena W3DZZ	61
3.4.	Anteny pętlowe	63
3.4.1.	Dwuelementowa antena Qubical Quad	65
3.4.2.	Trzypasmowy, dwuelementowy Qubical Quad	65
3.4.3.	Antena Delta-Loop	67
3.4.4.	Wielopasmowa antena kwadrat	69
3.5.	Nowoczesne rozwiązania anten KF	70
3.5.1.	Anteny magnetyczne	70
3.5.1.1.	Przeñośny Magnetic-Loop na 14 MHz	71
3.5.1.2.	Trzypasmowa antena Magnetic-Loop	76
3.5.2.	Anteny Logarytmiczno-Periodyczne (LPDA)	79
3.5.2.1.	Jednopasmowa LPDA na 3,5 i 7,0 MHz.	82
3.5.2.2.	Szerokopasmowa antena LPDA	84
3.6.	Anteny CB	88
3.6.1.	Antena mobile $1/4 \lambda$	89
3.6.2.	Antena stacjonarna $1/4 \lambda$	89
3.6.3.	Antena stacjonarna $5/8 \lambda$	91
3.6.4.	Czteroelementowa antena Yagi	92
3.6.5.	Pętlowa antena PULSAR	93
4.	ANTENY UKF	95
4.1.	Anteny na pasmo 50 MHz	95
4.1.1.	Antena GP	96
4.1.2.	Antena $5/8 \lambda$	97
4.1.3.	Trzyelementowa antena Yagi	98
4.1.4.	Sześćelementowa antena Yagi	99
4.2.	Anteny na pasmo 144 MHz	101
4.2.1.	Anteny portable	101
4.2.2.	Anteny mobile	104
4.2.2.1.	Rodzaje mocowania anten mobile	105
4.2.2.2.	Antena $1/4 \lambda$	109
4.2.2.3.	Antena $5/8 \lambda$	110
4.2.2.4.	Anteny naszybne, ze sprzężeniem pojemnościowym	112

4.2.3.	Anteny stacjonarne	114
4.2.3.1.	Anteny kolinearne — dookólne	117
4.2.3.2.	Anteny Yagi — kierunkowe	125
4.2.3.3.	Anteny LPDA i LPY	130
4.2.3.4.	Układy antenowe	134
4.3.	Anteny na pasmo 430 MHz	136
4.3.1.	Antena $5/8 \lambda$	137
4.3.2.	Antena kolinearna	139
4.3.3.	12-elementowa antena Yagi	139
4.3.4.	15-elementowa antena Yagi	140
4.3.5.	28-elementowa antena Yagi	143
4.3.6.	21-elementowa antena Yagi	143
4.4.	Anteny na pasmo 1,2 GHz	143
4.4.1.	28-elementowa antena Yagi-Loop	145
4.4.2.	Antena Quagi	149
5.	MATERIAŁY I PODZESPOŁY DO BUDOWY I MOCOWANIA ANTEN	151
5.1.	Rury aluminiowe	151
5.2.	Materiały izolacyjne	153
5.2.1.	Polichlorek winylu (PCW)	153
5.2.2.	Polietylen (PE)	154
5.2.3.	Polipropylen (PP)	154
5.2.4.	Tarflen (PTFE)	154
5.2.5.	Tarnamid (PA-6)	155
5.2.6.	Tarnoform (POM)	155
5.3.	Kable koncentryczne, przewody	155
5.4.	Złącza antenowe	159
5.5.	Systemy zamocowań anten	160
5.6.	Maszy antenowe	167
6.	MONTAŻ ANTEN, UZIEMIENIA	168
6.1.	Montaż anten KF i UKF	168
6.2.	Uziemienia	174
7.	WYBRANE FABRYCZNE ANTENY KF I UKF DYS-TRYBUTORZY KRAJOWI	177
7.1.	Anteny KF	177
7.1.1.	Dookólna antena wielopasmowa „Butternut” HF6V-X	178
7.1.2.	Dookólna antena wielopasmowa R7 (Cushcraft)	178
7.1.3.	Trzyelementowy beam TH 3 JRS (Hy-gain)	180

7.1.4.	Pięciopasmowy beam TH 5 MK2 (Hy-gain)	180
7.1.5.	Anteny magnetyczne	183
7.2.	Anteny UKF	186
7.2.1.	Stacjonarna antena UKF 3282 (Radmor)	187
7.2.2.	Dwupasmowa antena kolinearna GP-9N (Comet)	187
7.2.3.	16-elementowa antena Yagi AY-16/2	188
7.3.	Producenci anten w kraju	189
7.3.1.	Zakłady Radiowe „RADMOR”	189
7.3.2.	Zakłady Zespołów Elektornicznych „UNICON”	189
7.3.3.	PPHU „JACK”	190
7.4.	Dystrybutorzy anten	193
8.	POMIARY ANTENOWE	194
8.1.	Reflektometry	194
8.2.	Miernik impedancji anteny	196
8.3.	Miernik natężenia pola w. cz.	197
8.4.	Analizator antenowy MFJ 259	200
8.5.	Sztuczne obciążenie	201
8.6.	Skrzynka antenowa KF	202
	ZAKOŃCZENIE	203
	LITERATURA	204

OD AUTORA

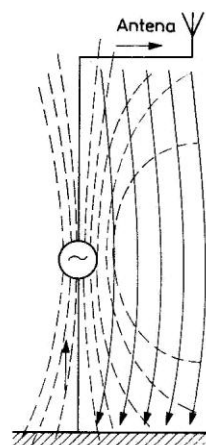
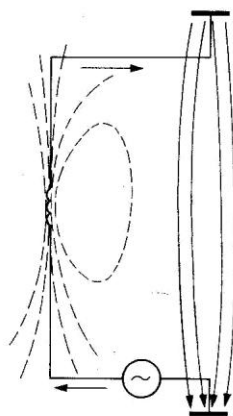
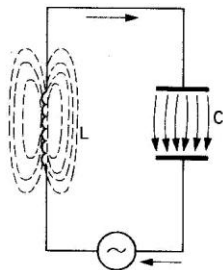
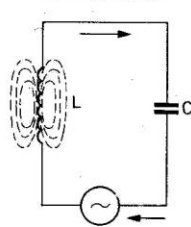
Szanowny Czytelniku!

Po raz drugi pojawia się monograficzne opracowanie dotyczące anten radiokomunikacji amatorskiej. Jest to poradnik, odmienny od poprzedniej publikacji „Amatorskie anteny KF i UKF” Zdzisława Bieńkowskiego, gdyż położono w nim główny nacisk na praktyczne rozwiązania anten, pomijając często skomplikowane obliczenia matematyczne dotyczące teorii anten i pola elektromagnetycznego. Część anten została wykonana i przetestowana bezpośrednio przez autora. Autor opisując konstrukcję korzystał z własnych doświadczeń, zdobytych w siedemnastoletniej karierze krótkofalowca oraz producenta anten dla krótkofalowców i służb profesjonalnych. Teorię ograniczono do minimum i podano w sposób popularnonaukowy, aby była przystępna dla każdego, nawet dla początkującego krótkofalowca. Podział anten przeprowadzono ze względu na pasma częstotliwości (KF, UKF), rodzaju pracy (stacjonarne, przewoźne i przenośne), charakterystyki promieniowania (dookólne, kierunkowe). Sympatycy łączności w pasmie obywatelskim (CB) znajdą również opracowania anten, które mogą wykonać samodzielnie. Nowością jest niewątpliwie dział, w którym opisano materiały, podzespoły i surowce do produkcji anten (rury, kable, wtyki, złączki, uchwyty, maszty, itp.) oraz podano adresy firm, zajmujących się ich dystrybucją. Opisano również anteny fabryczne KF i UKF, produkowane w kraju i za granicą oraz podano adresy firm, które sprzedają je w Polsce.

Szczególne podziękowania należą się wszystkim tym, którzy udostępnili materiały do publikacji, a zwłaszcza redakcji Radio Communication (W. Brytania) oraz wydawcom ARRL Antenna Book (USA).

Autor

Obwód ze skupioną, pojemnością, i indukcyjnością,



Obwód z rozłożoną, pojemnością, i indukcyjnością,

Rys. 1. Zamknięty i otwarty obwód rezonansowy

1 ANTENA — PODSTAWOWE PARAMETRY, BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA

Antena jest elementem urządzenia radiowego, przeznaczonym do przekształcenia energii wielkiej częstotliwości na falę elektromagnetyczną (antena nadawcza) lub przekształcenia fali elektromagnetycznej na energię drgań w.cz. (antena odbiorcza). W związku z tym antena jest najważniejszym elementem urządzenia radiowego i nie można jej zastąpić żadnym układem elektronicznym. W łączności radiowej antena nadawcza i odbiorcza oraz przestrzeń między nimi („eter”) stanowi łącze, w którym energia w.cz. ulega podwójnej transformacji. Dodatkowymi elementami systemu antenowego są: linia zasilająca antenę, układy dopasowujące oraz układy pomocnicze, takie jak: uziemienie, maszty, i wsporniki itp. Anteny mogą mieć różne kształty i wymiary. Najprostszą anteną jest długi odcinek przewodu ($L \geq d$), który był używany jako antena odbiorcza w pierwszych odbiornikach radiowych, składających się z obwodu rezonansowego, detektora i słuchawek. Długość anteny, a zatem wartość zaindukowanego w przewodzie napięcia w.cz. wpływała na siłę sygnału stacji radiowej w słuchawkach.

Dowolny obwód rezonansowy składający się z cewki i kondensatora może wytwarzać pole elektromagnetyczne, gdy zostanie pobudzony energią w.cz. Obwód rezonansowy promieniuje jednak z małą skutecznością, na niewielką odległość. Spowodowane jest to procesami, które zachodzą w ograniczonej przestrzeni objętej przez obwód: pole elektryczne skupione między okładkami kondensatora oraz pole magnetyczne — w najbliższej przestrzeni wokół cewki. Aby pole kondensatora obejmowało większą przestrzeń, należy rozsunąć okładki kondensatora (rys. 1). Spowoduje to zmniejszenie pojemności kondensatora, którą można zachować, zwiększając powierzchnię jego okładek. Kondensator o bardzo dużych okładkach, może być wykonany w postaci dwóch przewodników, z których jeden jest dostatecznie wysoko podniesiony nad ziemią, a drugi umieszczony na jej powierzchni lub z nią połączony.

Taki kondensator stanowi otwarty obwód drgający. Zauważmy, że nazwa „obwód drgający” nie jest tutaj przypadkowa. Przewodniki obwodu otwartego, reprezentujące zwiększone okładki kondensatora, mają nie tylko pojemność, ale również indukcyjność. Zasadniczo dowolny przewodnik, przez który przepływa prąd ma indukcyjność i dla uzyskania dostatecznie dużej jej wartości należy powiększyć wymiary przewodnika. Łatwo zauważyć, że pojemność i indukcyjność obwodu otwartego są równomiernie rozłożone wzdłuż jego przewodów w odróżnieniu od zwykłego obwodu, w którym są one skupione w kondensatorze i cewce.

Otwarty obwód drgający nosi nazwę **anteny** (8). Badania wykazały, że obwód staje się „otwarty”, to jest przekształca się w antenę, gdy jego długość stanowi istotną część długości fali, na który obwód został nastrojony. Jakość anteny, jako elementu promieniującego jest tym wyższa, im długość jej jest bardziej zbliżona do $1/4$ lub $1/2$ długości fali. Antena zaczyna wydajnie promieniować, jeśli jej długość przekracza $1/10$ długości fali, w przeciwnym wypadku traci ona znaczną część energii na nagrzewanie przewodów.

Przejście od pojemności i indukcyjności skupionej do anteny pokazano na rysunku 1. Pole elektryczne (wytworzone przez pojemność rozłożoną) i pole magnetyczne (wytworzone przez rozłożoną indukcyjność anteny) wychodząc daleko poza granice obwodu, tworzy w przestrzeni pole elektromagnetyczne. Jeżeli w obwodzie otwartym wytworzymy energię w.c.z., to oprócz zwykłych strat właściwych obwodowi drgającemu, powstanie dodatkowa strata energii, w wyniku jej oddzielenia się od obwodu, to jest wypromieniowanie w postaci fal radiowych.

Antena równie dobrze wypromieniowuje energię w postaci fali elektromagnetycznej, jak również indukuje ją w postaci prądów w.c.z. Może być zatem stosowana jednocześnie do odbioru i nadawania.

Anteny można podzielić w/g różnych kryteriów i tak np.:

- pod względem przeznaczenia; anteny stacjonarne, przewoźne — mobile (pojazdy naziemne, nawodne, powietrzne) oraz przenośne — portable.
 - pod względem konstrukcji: anteny drutowe, rurkowe (pionowe i poziome), o przestrzennej konstrukcji — np. anteny paraboliczne.
 - pod względem charakterystyki promieniowania: dookólne i kierunkowe.
- Ponadto podział można przeprowadzić ze względu na zakres częstotliwości pracy anteny.

Jak już wspomniano, długość anteny musi być odpowiednią wielokrotnością długości fali, która jest odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości:

$$\lambda = C/f$$

gdzie:

- λ — długość fali [m],
- C — prędkość światła (3×10^8 m/s),
- f — częstotliwość [Hz].

Nie istnieje zatem skuteczna antena, która mogłaby pracować w całym pasmie częstotliwości radiowych 0,2—10 000 MHz. Częstotliwość określa jednocześnie jakie typy anten mogą być stosowane w danym zakresie, chociażby ze względów konstrukcyjnych. I tak, praktycznie nie jest możliwe wykonanie trzejelementowej, pełno wymiarowej anteny kierunkowej (beam) na pasmo 3,5 MHz, gdyż miałaby ona rozpiętość ok. 40 m i długość ok. 25 m a zatem zajmowałaby powierzchnię 1000 m²! Z drugiej strony mechaniczne wykonanie anteny typu GP $1/4 \lambda$ na pasmo 10 GHz jest nieopłacalne, ze względu na małą skuteczność takiej anteny oraz dużą precyzję jej wykonania.

Każda antena ma charakterystyczne parametry elektryczne, są to:

- częstotliwość rezonansowa (f_{rez}) i szerokość pasma,
- zysk energetyczny (G),
- impedancja wejściowa i rezystancja promieniowania (R),
- współczynnik fali stojącej (WFS)

oraz dla anten kierunkowych: stosunek promieniowania ku przodowi do wstecznego F/B i szerokość wiązki głównej w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Są to najbardziej istotne parametry, które zostaną opisane szczegółowo w następujących podrozdziałach.

1.1. CZĘSTOTLIWOŚĆ REZONANSOWA I SZEROKOŚĆ PASMA ANTENY

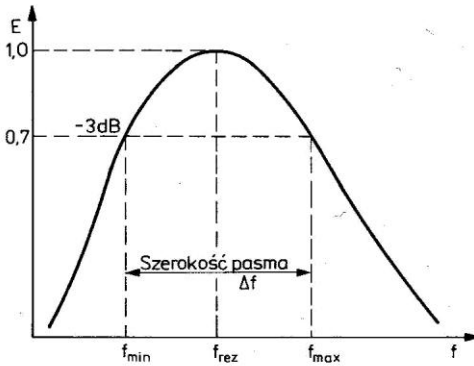
W związku z tym, że antena jest otwartym obwodem rezonansowym, a indukcyjność i pojemność zastąpiono przewodnikiem ($L \gtrsim d$), zatem długość przewodnika musi być wielokrotnością długości fali lub inaczej mówiąc, równoważnikiem pojemnościowo-indukcyjnym obwodu w rezonansie. Należy również przypomnieć, że częstotliwość rezonansowa zależy od wysokości zawieszenia anteny nad ziemią (pojemność między okładkami kondensatora „otwartego”). Zależność między pojemnością, indukcyjnością a częstotliwością w obwodzie rezonansowym można wyrazić wzorem:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{LC}}$$

gdzie:

- f — częstotliwość [Hz],
- L — indukcyjność [H],
- C — pojemność [F].

Pomimo iż antena ma własną częstotliwość rezonansową pracuje ona skutecznie w pewnym jej przedziale. Z wykresu natężenia pola elektromagnetycznego E w funkcji częstotliwości (rys. 2) można wyznaczyć f_1 i f_2 na poziomie -3 dB w stosunku do E_{rez} . Przekładając to na język bardziej zrozumiały: częstotliwościom tym odpowiada poziom natężenia pola elektromagnetycznego E_b równy



Rys. 2. Charakterystyka anteny

0,7 E_{rez} . Wartość -3 dB została przyjęta jako wielkość porównawcza, natomiast 0,7 wynika z logarytmicznego sposobu obliczania stosunku napięć w decybelach.

Szerokość pasma zależy głównie od konstrukcji anteny i waha się od ok. 2 kHz w przypadku anten magnetycznych do kilkaset kHz dla długich anten drutowych na KF, a nawet kilka MHz na UKF (430 MHz) dla anten typu LPY. Duża szerokość pasma niekoniecznie jest cechą korzystną dla anteny. Dzięki możliwości „ostrego” strojenia anteny można pozbyć się „spletteru” oraz szumu pasmowego, które niejednokrotnie uniemożliwiają nawiązanie łączności (anten magnetyczne) [17]. Zaletą anteny o dużej szerokości pasma jest to, że „pokrywa” ona niejednokrotnie całe pasmo amatorskie, bez konieczności każdorazowego strojenia.

1.2. ZYSK ENERGETYCZNY

Podstawowym parametrem określającym antenę jest zysk energetyczny G . Jest to wartość względna, tzn. zależy od punktu odniesienia. W przypadku anteny zysk energetyczny jest stosunkiem logarytmicznym natężenia pola zaindukowanego (E_b) lub mocy (P_b) w antenie badanej do anteny wzorcowej ($E_w P_w$):

$$G [\text{dB}] = 20 \log E_b/E_w = 10 \log P_b/P_w$$

Innymi słowy zysk energetyczny określa ile razy należy zwiększyć moc w antenie wzorcowej w stosunku do anteny badanej, aby natężenie pola z obu anten było jednakowe w punkcie pomiarowym.

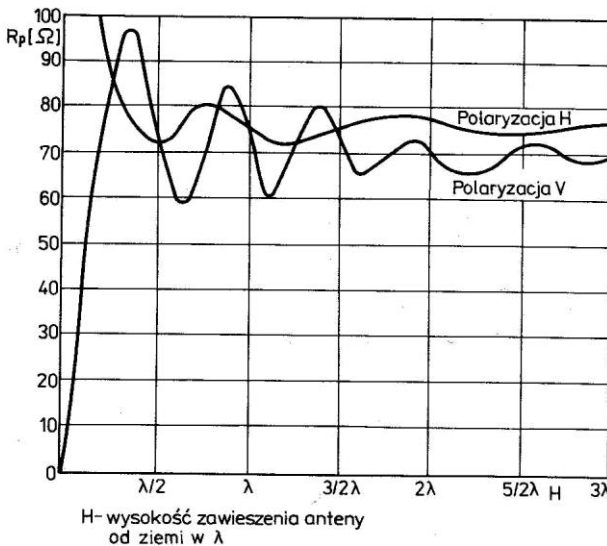
Jako anteny wzorcowe przyjęto dwa rodzaje anten: antena izotropowa — hipotetyczna ćwierćfalowa antena, promieniująca jednakowo we wszystkich kierunkach (dBi), dipol półfalowy (dBd). Różnica pomiędzy tymi dwoma antenami wzorcowymi wynosi 2,14 dB. I tak np. zysk energetyczny anteny $5/8 \lambda$ wynosi: $G = 3,5 \text{ dBd} = 5,64 \text{ dBi}$.

Aby uzmysłwić jak wiele zależy od anteny o dużym zysku posłużono się następującym przykładem: nadajnik o mocy 5 W z anteną o zysku ok. 8 dBd (trzyelementowa, kolinearna „Big Star”) wytworzy natężenie pola takie samo jak dipol półfalowy i nadajnik o mocy ok. 30 W!

Znając kąty promieniowania w pionie i w poziomie w antenie kierunkowej można obliczyć zysk anteny względem anteny wzorcowej. Kąty promieniowania wyznacza się z charakterystyki promieniowania anteny w obu płaszczyznach na poziomie -3 dB (od maksymalnej wielkości „listka” głównego).

1.3. IMPEDANCJA WEJŚCIOWA ANTENY I REZYSTANCJA PROMIENIOWANIA

Antena połączona z nadajnikiem przedstawia dla niego pewne obciążenie, jak każdy odbiornik energii. W związku z tym, że antena zawiera również składową pojemnościową oraz indukcyjną, całkowite obciążenie będzie równe sumie tych składowych. Rezystancja wejściowa anteny dzieli się na rezystancję promieniowania R_p (najbardziej istotną dla skuteczności anteny) oraz rezystancję strat r (nagrzewanie przewodów). Impedancja wejściowa zależy od częstotliwości, jak również od wysokości zawieszenia anteny nad ziemią (wpływ R_p) [10]. Największe zmiany rezystancji promieniowania zachodzą w zakresie $0-\lambda/2$ nad ziemią (rys. 3). Powyżej tej wartości R ulega stabilizacji, z czego wynika, że aby zachować stałość rezystancji promieniowania dla danej anteny, należy ją



Rys. 3. Zależność rezystancji promieniowania od wysokości anteny nad ziemią

zawiesić nie niżej niż $\lambda/2$ nad ziemią. Samą rezystancję promieniowania można zdefiniować wykorzystując podstawowe prawa elektryczne ($R = U/I$ oraz $P = U \cdot I$):

$$R_p = P/I^2$$

gdzie:

R_p — rezystancja promieniowania [Ω],

P — moc wypromieniowania przez antenę [W],

I — maksymalne natężenie prądu w punkcie zasilania [A].

Impedancja anteny ma duże znaczenie przy dopasowaniu anteny do linii zasilającej oraz nadajnika. W radiokomunikacji amatorskiej najczęściej są używane urządzenia radiowe z wyjściem 50-omowym. Gdy wyjście nadajnika, linia zasilająca i antena mają taką samą rezystancję, wówczas cała moc przekazana z nadajnika zostaje wypromieniowana przez antenę ($WFS = 1$). Należy w tym miejscu obalić pewien mit panujący wśród krótkofalowców o stosowaniu kabli zasilających (głównie na UKF) — do dopasowania anten. Otóż, w przypadku dostrojonej anteny 50 Ω , oraz wyjścia nadajnika 50 Ω , **długość kabla pięćdziesięciomowego nie wpływa na zmianę parametrów anteny (WFS) i może być dobrana dowolnie**. W przypadku, gdy antena ma inną oporność niż linia zasilająca i wyjście nadajnika, należy stosować baluny, skrzynki antenowe lub korzystać z transformujących właściwości linii zasilających, celem dopasowania nadajnika do układu antenowego.

1.4. WSPÓŁCZYNNIK FALI STOJĄCEJ (WFS)

Współczynnik fali stojącej (WFS lub SWR — ang.) jest określeniem stopnia dopasowania anteny do linii zasilającej. Może on przyjmować wartości od 1 do ∞ . Gdy $WFS = 1$ wówczas cała moc dostarczona do anteny F , zostaje wypromieniowana. Gdy $WFS > 1$, ze względu na niedopasowanie (różna impedancja anteny), powstaje tzw. fala odbita B , która powraca do nadajnika. Jest ona przyczyną zakłóceń, a w skrajnych przypadkach, przy dużych jej wartościach, może spowodować zniszczenie stopnia mocy nadajnika. Wartość WFS określa się ze wzoru:

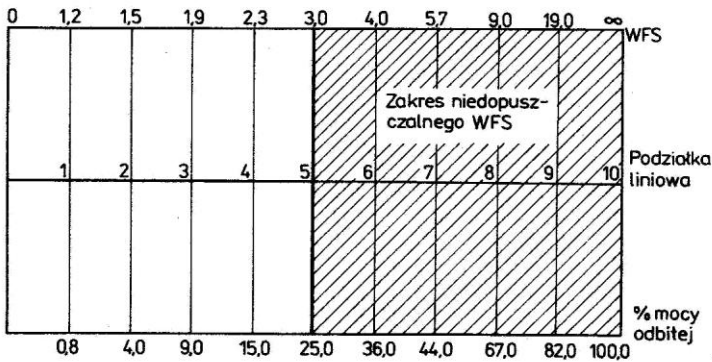
$$WFS = \frac{1 + \sqrt{B/F}}{1 - \sqrt{B/F}} = \frac{Z_l}{Z_a} \quad \text{lub} \quad = \frac{Z_a}{Z_l}$$

F, B — moc fali padającej i odbitej,

Z_a — impedancja anteny,

Z_l — impedancja linii zasilającej.

Krótkofalowcy często przeceniają wartość współczynnika fali stojącej uważając, że tylko antena mająca $WFS = 1$, pracuje zadowolająco. Większość firm produkujących sprzęt radionadawczy definiuje WFS do wartości 1:3 za zadawalającą. Wartość 3 jest jednak zbyt duża (25% mocy odbitej), chociażby ze



Rys. 4. Zależność WFS od stosunku mocy odbitej do padającej

względem na TVI (zakłócenia). Jednak $WFS = 1,5$ a nawet 2 jest dopuszczalny w warunkach amatorskich i wynosi odpowiednio 4 i 10% mocy odbitej (rys. 4).

Zauważmy, że nawet przy idealnie zestrojonej antenie $WFS = 1$ tylko dla częstotliwości rezonansowej. Odstrajając radiostację od częstotliwości rezonansowej WFS rośnie, ze względu na „pagórkowatą” charakterystykę promieniowania anteny w funkcji częstotliwości (rys. 2).

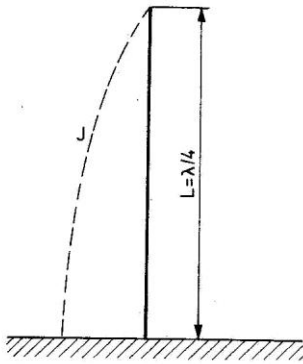
Charakterystyki promieniowania poszczególnych anten zostaną podane przy ich omawianiu w następnych rozdziałach książki.

Jak już wspomniano, anteny można podzielić na kilka sposobów, w zależności od przyjętych kryteriów. Jednymi z najważniejszych kryteriów podziału mogą być: charakterystyka promieniowania i przeznaczenie anten.

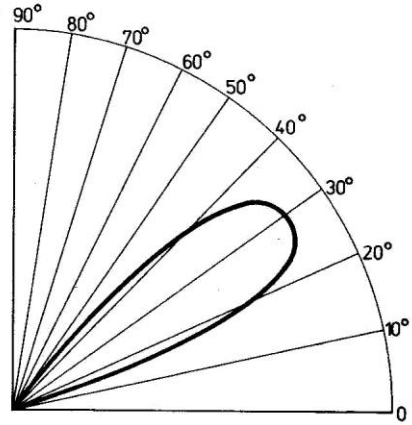
Ze względu na charakterystykę promieniowania anteny dzieli się na: dookólne i kierunkowe. Do anten dookólnych zaliczają się głównie anteny o polaryzacji pionowej. Do anten kierunkowych należą anteny typu Yagi (beam), pętlowe (qubical quad), LPDA itp.

2.1. ANTENY DOOKÓLNE

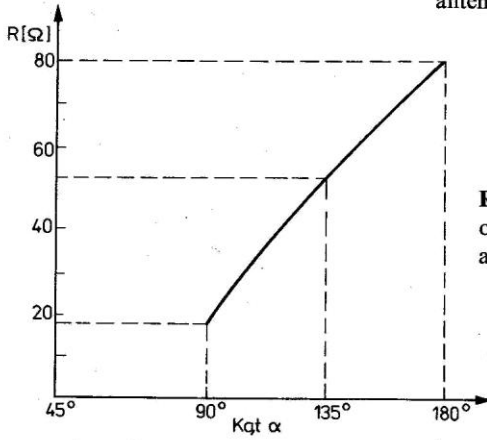
Najprostszą anteną dookólną jest antena typu **GP (Ground Plane)**, stanowiąca $1/4$ długość fali (rys. 5). Antena GP wymaga stosowania przeciwwag, również o długości $1/4 \lambda$ [1]. Charakterystykę promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej przedstawiono na rysunku 6. W płaszczyźnie poziomej charakterystyka jest tym bardziej kołowa — dookólna, im więcej przeciwwag ma antena lub gdy przeciwwagą jest lita płyta przewodząca, np. dach samochodu, o promieniu od wibratora, co najmniej $1/4 \lambda$. Zysk anteny ćwierćfalowej w stosunku do dipola półfalowego wynosi -1dB . Impedancja GP zależy od kąta pomiędzy wibratorem i przeciwwagami (rys. 7). Przy kącie ok. 135° wynosi ona ok. 50Ω , co przy niesymetrycznym charakterze anteny powoduje, że może być ona zasilana kablem koncentrycznym o podobnej impedancji. Przy kącie ok. 90° wynosi ok. 18Ω i chcąc dopasować antenę do linii zasilającej należy dołączyć do niej równolegle rozswarty odcinek kabla. W stacjonarnych antenach GP stosuje się trzy przeciwwagi (rys. 8) — trójnóg co 120 stopni (w płaszczyźnie poziomej) lub cztery — antena krzyżakowa, co 90° [15]. Zamiast wibratora prostego stosuje się również dipol pętlowy, który wraz z przeciwwagami, pod kątem 90° stanowi impedancję 50Ω . Poza impedancją „pasującą” do kabla, rozwiązanie takie ma dodatkową zaletę, gdyż ładunki elektrostatyczne są odprowadzane do ziemi,



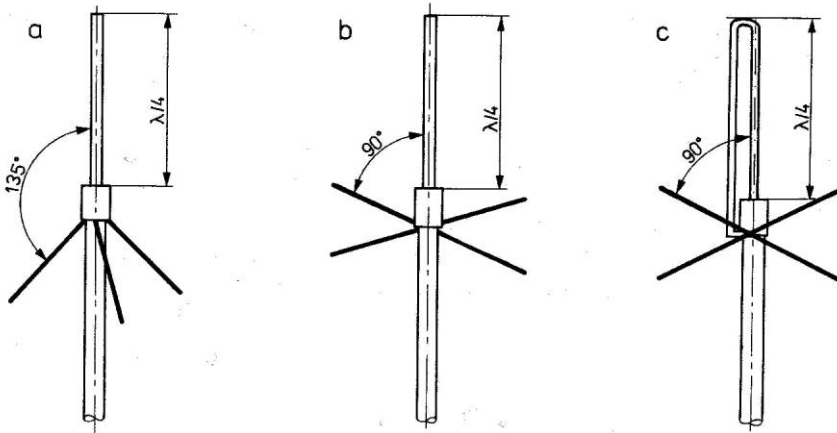
Rys. 5. Antena GP



Rys. 6. Charakterystyka promieniowania anteny GP

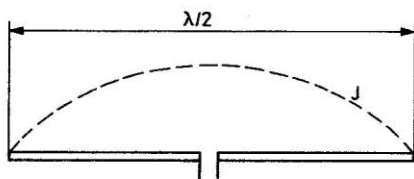


Rys. 7. Zależność impedancji anteny GP od kąta między promiennikiem a przeciwwagami

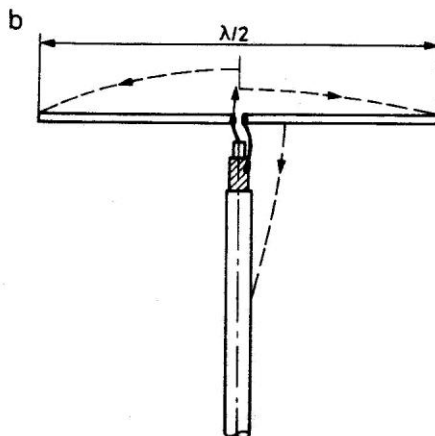
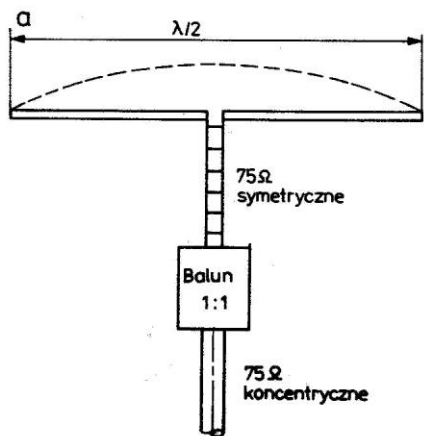


Rys. 8. Rodzaje anten GP

a — trójnog GP, b — krzyżakowa GP, c — pętlowa GP



Rys. 9. Dipol półfalowy



Rys. 10. Zasilania dipola półfalowego

a — zasilanie symetryczne, *b* — zasilanie niesymetryczne

poprzez uziemiony, drugi koniec dipola. Anteny z dipolem pętlowym mają ponadto większą szerokokopasmowość.

Fizyczna długość anteny nie jest dokładnie równa $1/4 \lambda$ i zależy od współczynnika skrócenia K . Współczynnik skrócenia K jest funkcją λ/d (d — średnica wibratora) i wynosi od 0,85 do 0,98.

Przykłady rozwiązań anten GP na KF i UKF zostaną opisane w następujących rozdziałach.

Drugim najpopularniejszym typem anteny jest **dipol półfalowy** (rys. 9). Stanowią go dwa odcinki przewodu, leżące na jednej prostej, o łącznej długości $\lambda/2$. Dipol ustawiony w płaszczyźnie pionowej ma charakterystykę dookólną. W płaszczyźnie poziomej charakterystyka podobna jest do „ósemki”, prostopadłej do osi dipola [2]. Kształt „ósemki” zależy również od wysokości zawieszenia dipola nad ziemią i jest tym bardziej zdeformowany, im niżej antena jest zawieszona, nad przewodzącą ziemią. Dipol półfalowy, jak wspomniano w rozdziale 1, jest uważany za antenę porównawczą, zatem zysk jej wynosi 0 dBd (2,14 dBi). Impedancja anteny wynosi ok. 70Ω (przy wysokości zawieszenia $H > \lambda/2$).

W związku z tym, że dipol jest anteną symetryczną, należy go zasiląć symetrycznie lub asymetrycznie poprzez balun 1:1 (rys. 10a). Wielu użytkowników bagatelizuje konieczność symetrycznego zasilania. Należy zdać sobie

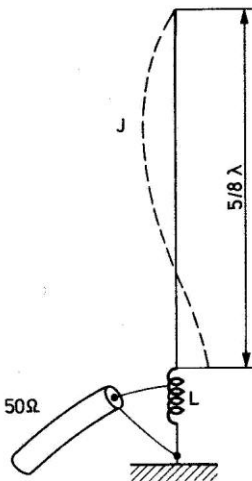
jednak sprawę, że brak symetrii powoduje wypromieniowanie 30% energii w.cz. poprzez ekran kabla niesymetrycznego (koncentrycznego), co powoduje w konsekwencji powstanie zakłóceń w odbiornikach telewizyjnych i radiowych naszych sąsiadów (TVI, RVI — rys. 10b).

Pod względem długości, następną anteną jest $5/8 \lambda$, szczególnie popularna w zastosowaniach mobile oraz w pasmie CB jako stacjonarna (rys. 11). Antena $5/8 \lambda$ uzyskuje rezonans na $3/4 \lambda$, a rolę elementu wydłużającego pełni cewka, najczęściej u jej podstawy. W związku z tym rezonans i impedancja anteny $5/8 \lambda$ są podobne do jej „rozwiniętego” odpowiednika. Charakterystyka promieniowania anteny w płaszczyźnie poziomej jest dookólna. W płaszczyźnie pionowej kąt promieniowania wynosi ok. 15° (rys. 12). Zysk energetyczny 3,5 dBd. Długość przeciwwag usytuowanych poniżej cewki wynosi $1/4 \lambda$.

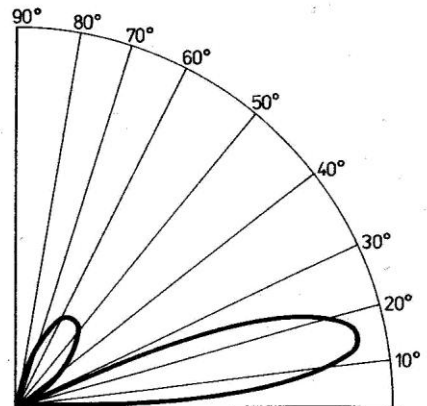
Przedłużanie wibratora powyżej $3/4 \lambda$ powoduje powstawanie coraz większej liczby listków bocznych, w pionowej charakterystyce promieniowania, o wysokich kątach elewacji (powyżej 50°). W związku z tym antena taka pracuje mniej efektywnie na fali przyziemnej. Ponadto, wydłużając wibrator anteny powyżej $3/4 \lambda$, nie uzyskuje się już proporcjonalnego wzrostu zysku energetycznego anteny.

Istnieje możliwość zwiększenia zysku energetycznego anteny, poprzez zastosowanie kilku dipoli półfalowych, jeden za drugim, leżących na jednej linii — anteny kolinearne (rys. 13) [18].

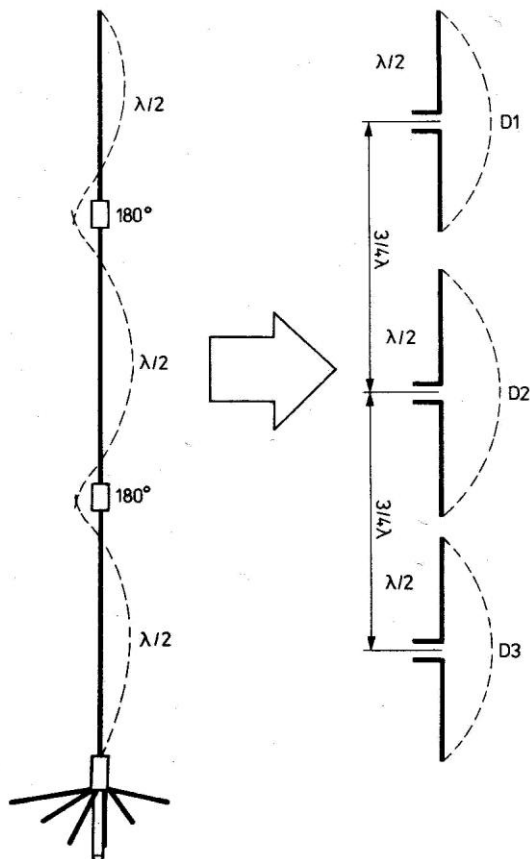
Praktyczne rozwiązania takich anten zostaną opisane przy omawianiu anten UKF. Anteny kolinearne są nowoczesnym rozwiązaniem, zapewniającym zysk energetyczny nawet do 10 dBd!



Rys. 11. Antena $5/8 \lambda$



Rys. 12. Charakterystyka promieniowania anteny $5/8 \lambda$ w płaszczyźnie pionowej



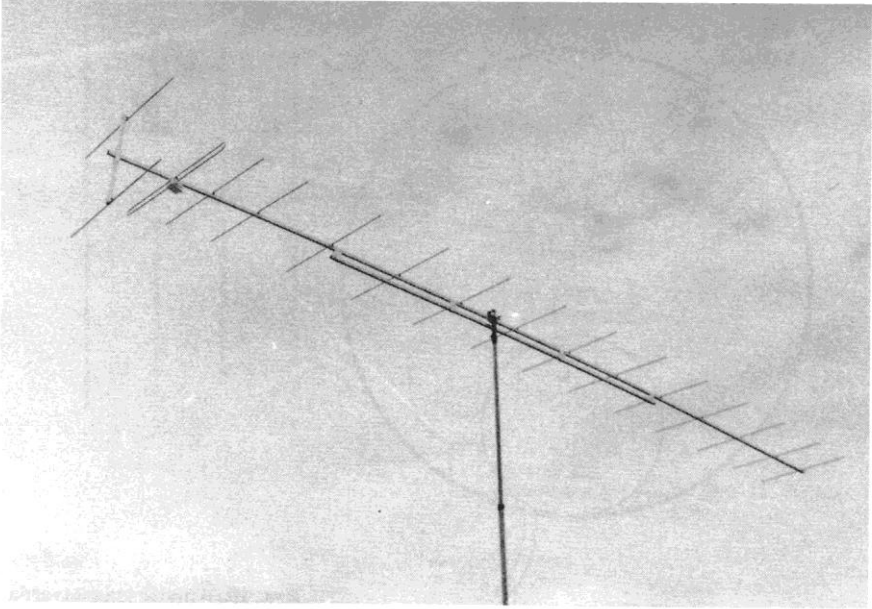
Rys. 13. Antena kolinearna

2.2. ANTENY KIERUNKOWE

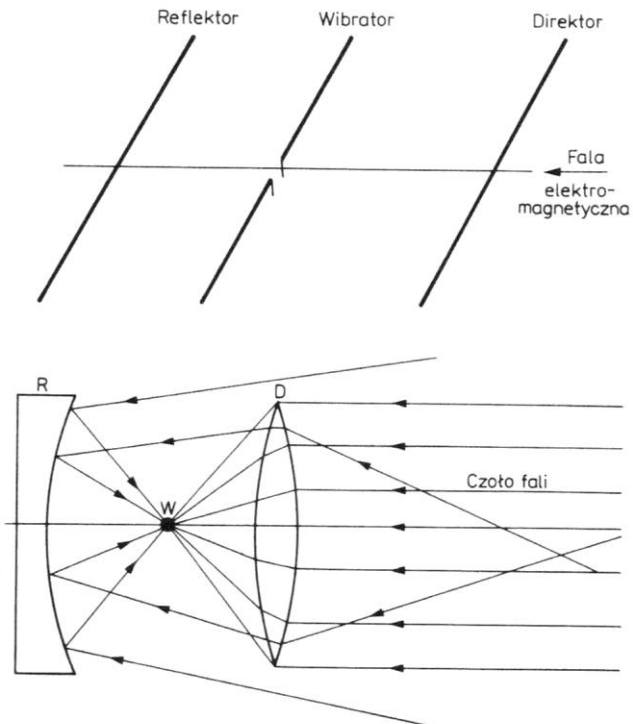
Anteny kierunkowe zostały stworzone w celu uzyskania większego zysku kierunkowego oraz wyeliminowania zakłóceń, które „dochodzą” ze wszystkich stron. Najbardziej popularnymi antenami kierunkowymi są **anteny Yagi** (rys. 14). Anteny te są stosowane powszechnie w antenowych instalacjach radiowych i telewizyjnych, przez służby profesjonalne, wojsko, krótkofalowców itp.

Antena Yagi składa się z elementu czynnego-wibratora, najczęściej dipola prostego lub pętlowego oraz elementów biernych-direktorów i reflektora (rys. 15).

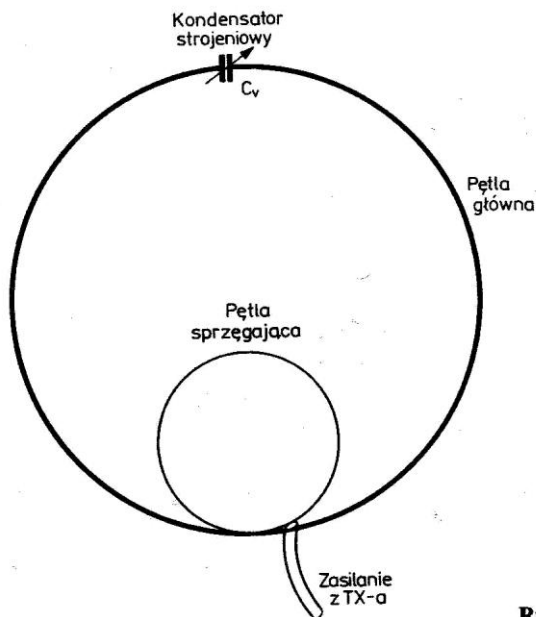
Zasada działania anteny Yagi została opisana poglądowo przez analogię do zjawisk optyki [10]. Wibrator, znajdujący się w ognisku zwierciadła wklęsłego — reflektora oraz ognisku soczewki-direktorów „zbiera” na sobie falę elektromagnetyczną, indukującą w wibratorze napięcie w.cz. Im więcej direktorów (większe skupienie soczewki) oraz reflektorów (większe odbicie lustra), tym zysk, a co zatem idzie skuteczność anteny, jest większa. Impedancja anteny



Rys. 14. Antena Yagi



Rys. 15. Zasada działania anteny Yagi



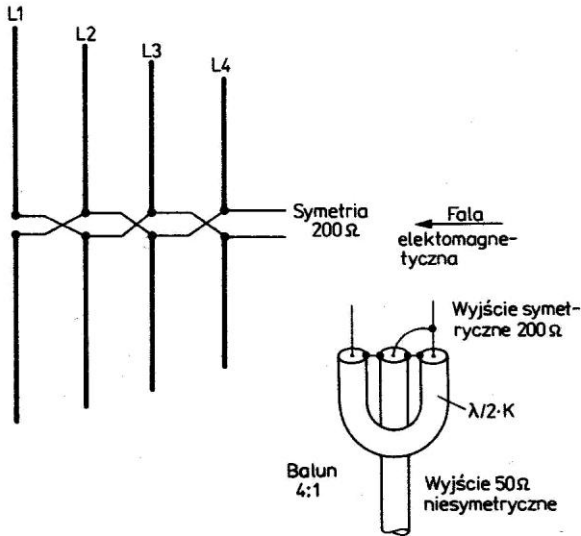
Rys. 16. Antena magnetyczna

Yagi zależy w głównej mierze od konstrukcji wibratora oraz jego odległości od pierwszego direktora. Zysk anteny Yagi, jak wspomniano, zależy od liczby elementów-direktorów i wynosi:

- dla 3 elementów Yagi — 6,0 dBd
- dla 6 elementów Yagi — 9,0 dBd
- dla 9 elementów Yagi — 12,0 dBd
- dla 15 elementów Yagi — 15,0 dBd
- dla 28 elementów Yagi — 21,0 dBd

Jak widać, zależność zysku energetycznego nie jest wprost proporcjonalna do liczby elementów. Wynika z tego, że wydłużanie anteny, powyżej 8λ jest nieopłacalne i nie przynosi oczekiwanego zysku. Jedynym rozwiązaniem jest łączenie równoległe kilku anten. Każde podwojenie liczby anten w zestawie powoduje przyrost zysku o 3 dB (minus straty połączenia anten). Układy anten Yagi zostaną szczegółowo opisane w rozdziale 4.2.3.4.

Następnym rozwiązaniem anten kierunkowych są anteny **pętlowe (Qubical Quad)**. Różnica pomiędzy antenami Yagi a pętlowymi polega na kształcie elementów czynnych i biernych. W antenach Qubical Quad mają one kształt pętli kwadratowej o długości λ , przez co rozpiętość zmniejsza się dwukrotnie, w stosunku do anteny dipolowej $\lambda/2$. Anteny te są trudniejsze do wykonania, ze względu na bardziej rozbudowaną konstrukcję nośną. Obecnie bardzo popularne stały się **anteny magnetyczne**, o kołowym kształcie pętli [17]. Antenę tą stanowi pętla, odpowiadająca wielokrotności długości fali, której końce są połączone kondensatorem o zmiennej pojemności (rys. 16).



Rys. 17. Antena LPDA

Sprężenie z nadajnikiem uzyskuje się za pomocą drugiej pętli, umieszczonej wewnątrz pętli głównej. Zaletami anteny magnetycznej, poza dużą skutecznością, są jej małe rozmiary, praktycznie dookólny charakter i możliwość dostrojenia w każdym miejscu pasma.

Ciekawym rozwiązaniem są również anteny LPDA (Log-Periodic Array) (rys. 17), których budowa jest podobna do anten Yagi [1]. Jednak w przypadku anten LPDA, direktory są dipolami (otwartymi), a ich końce są połączone naprzemianlegle z następnymi elementami. Powoduje to przesunięcie fazy o 180° .

Podstawowymi zaletami anten LPDA są:

- stosunkowo duży zysk energetyczny,
- niewielkie wymiary,
- duża szerokopasmowość a nawet wielopasmowość.

Anteny LPDA, w celu zwiększenia zysku można łączyć z direktorami i reflektorami. Uzyskuje się wówczas logarytmiczno-periodyczne anteny typu Yagi LPY.

Należy również wspomnieć o polaryzacji anten KF i UKF. Nie wszystkie anteny mogą pracować w obu polaryzacjach, głównie ze względu na charakterystyki promieniowania. Niebagatelne są również wymagania konstrukcyjne. Łatwiej wykonać poziomy dipol półfalowy na pasmo 1,8 MHz niż pionowy, zawieszony $\lambda/2$ nad ziemią. Konstrukcja taka miałaby wysokość ok. ...120 metrów.

W przypadku łączności KF, zwłaszcza przy pracy na fali odbitej, zastosowany rodzaj polaryzacji nie ma większego znaczenia. Fala elektromagnetyczna z nadajnika, odbijając się na przemian od ziemi i jonosfery traci swój

spolaryzowany charakter i w mniejszym lub większym stopniu, trafia do anteny odbiorczej jako fala o polaryzacji kołowej.

W przypadku łączności UKF-FM, które odbywają się głównie na fali przyziemnej, polaryzacja ma zasadnicze znaczenie i w przypadku jej niezgodności kontakt radiowy może w ogóle nie dojść do skutku, nawet mimo niewielkiej odległości. Różnice w sile sygnału przy zmianie polaryzacji, można zaobserwować już w przypadku pasma 50 MHz.

Na pasmach amatorskich UKF stosuje się następujące rodzaje polaryzacji anten [14]:

- modulacja FM (łączności mobile, portable, przemienniki, itp.) — pionowa,
- modulacja SSB, CW (łączności dalekiego zasięgu) — pozioma,
- modulacja SSB, CW (łączności MS, EME, AS itd.) — kołowa.

W ostatnim przypadku stosuje się anteny krzyżowe (elementy w obu polaryzacjach).

W zależności od częstotliwości pracy anteny stosuje się różne materiały konstrukcyjne. Anteny dipolowe, pętlowe na KF wykonywane są głównie z linki lub drutu miedzianego i są podwieszane obustronnie, poziomo (dipol półfalowy, G5RV, W3DZZ, Dbl. Zepp. itd.) lub skośnie (Inv. V, Skośny promień, Delta itp.). Anteny pionowe oraz kierunkowe (GP, Yagi, Beam itp.) na KF i UKF wykonywane są głównie z rur aluminiowych i duraluminiowych.

W następnych rozdziałach opisane zostaną praktyczne rozwiązania poszczególne typów anten z podziałem na pasma amatorskie.

3

ANTENY KRÓTKOFALOWE 1,8—30 MHz

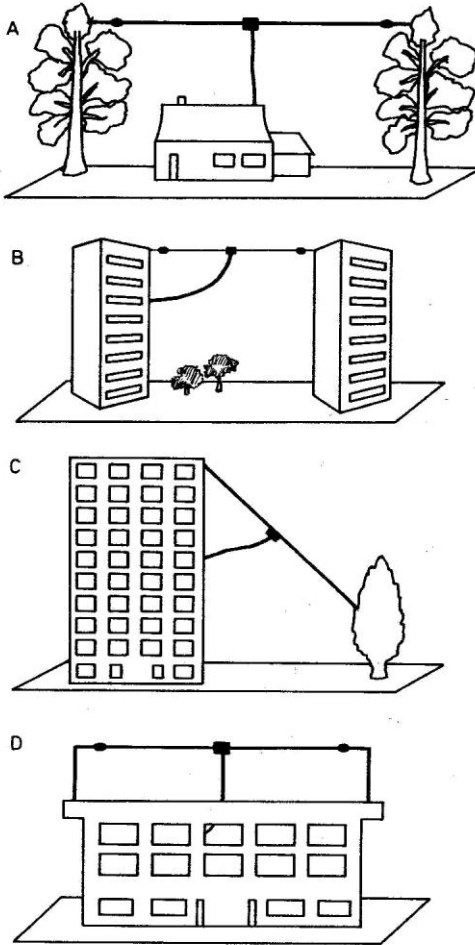
W rozdziale zostaną przedstawione przykłady praktycznych rozwiązań anten krótkofalowych.

3.1. ANTENY DRUTOWE JEDNO- I WIELOPASMOWE

Na krótkofalowych pasmach amatorskich, ze względu na znaczną długość fali dosyć popularne stały się anteny wykonane z linki lub drutu, najczęściej miedzianego, podwieszane poziomo (skośnie) między budynkami, drzewami czy innymi wysokimi obiektami. Linka miedziana powinna mieć odpowiednią grubość i musi być wytrzymała mechanicznie. Praktycznie stosuje się średnice od 2 do 6 mm. Ważne jest również zastosowanie właściwych odciągów.

Istnieją różne metody zawieszania anten drutowych, zależne od indywidualnych możliwości usytuowania budynków, drzew, kominów, wkoło miejsca, w którym zostanie zainstalowana radiostacja krótkofalowa (rys. 18) [3]. Przy zawieszaniu anteny mogą powstać pewne ograniczenia, nie tylko topograficzne (brak wysokich obiektów, zbyt mały teren) lecz również administracyjne i sąsiedzkie. Na antenę drutową na niższe pasma KF nie może sobie pozwolić zarówno eskimos mieszkający na pustyni lodowej, jak i londyńczyk mieszkający w domu z szeregową zabudową i ogródkiem za domem, o wymiarach 5 × 5 metrów. Niejednokrotnie brak zgody administracji budynków czy sąsiadów, nieprzyjaźnie nastawionych do wytworów techniki, może spowodować niemożność rozwieszenia chociażby dipola półfalowego.

Anteny drutowe mają dwie podstawowe zalety, są: proste konstrukcyjnie i tanie. Przed wyborem anteny należy poczynić pewne założenia, które pomogą przy jej wyborze.



Rys. 18. Sposoby zawieszania anten drutowych

1. Miejsce zawieszenia: wysokość podwieszenia ramienia (ramion), kierunek, rodzaj podpór (stałe budynki, kominy), ruchome (drzewa, ogrodzenia, itp.) oraz odległość między podporami (punktami zawieszenia).
2. Długość i sposób zasilania anteny.

Po przeanalizowaniu wymienionych czynników, niektóre rozwiązania antenowe mogą od razu odpaść. I tak np. mieszkając na parterze 30 piętrowego budynku trudno zawiesić antenę na jego dachu, ze względu na długość kabla zasilającego. Zysk z wysokiego usytuowania takiej anteny byłby niewspółmierny do straty energii w kablu i straty w... portfelu, spowodowanej zakupem ponad 100 metrów kabla zasilającego, który kilkunastokrotnie przewyższyłby cenę samej anteny. W takim przypadku najlepszym rozwiązaniem byłoby zastosowanie „skośnego promienia”, lub zawieszenie anteny np. w 1/3 wysokości budynku.

Należy w tym miejscu podkreślić, że wysokość zawieszenia anteny KF, kiedy większość łączności uzyskuje się na fali odbitej, nie ma tak wielkiego

wpływu na jej zasięg, jak w przypadku anten UKF. Wysokość nie powinna być mniejsza niż $\lambda/2$, ze względu na impedancję i charakterystykę promieniowania anteny (rys. 3). Należy również zastanowić się czy antena ma być jedno czy wielopasmowa. Większość długości fal pasm amatorskich odpowiada wielokrotności najwyższego pasma (pod względem częstotliwości) — 10 m (28 MHz), 20 m (14 MHz), 40 m (7 MHz), 80 m (3,5 MHz), 160 m (1,8 MHz). I tak np. dipol półfalowy pasma 160 metrów jest dla pasm:

- 80 m — dipolem o długości λ ,
- 40 m — dipolem o długości 2λ ,
- 20 m — dipolem o długości 4λ ,
- 10 m — dipolem o długości 8λ .

Wynika z tego, że antena taka, wraz z linią zasilającą powinna pracować poprawnie na wszystkich pasmach. Niestety, ze względu na różny rozkład prądu i napięcia w antenie, w miejscu zasilania występuje różna impedancja!

W tym miejscu należy przypomnieć trzy zasadnicze elementy, które mają wpływ na skuteczność i poprawność pracy anteny:

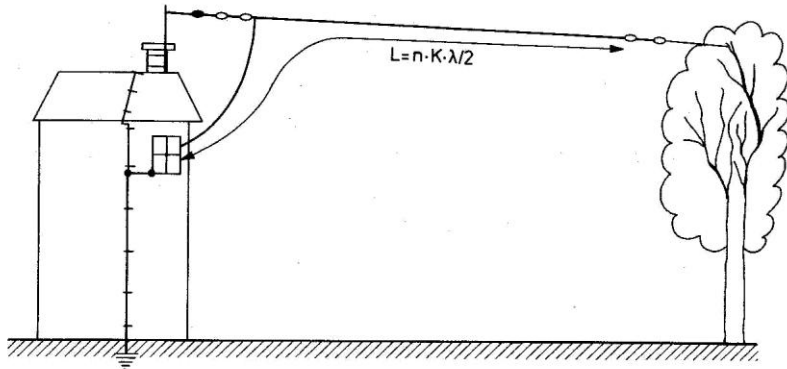
1. Długość anteny musi odpowiadać wielokrotności długości fali przez nią wypromieniowaną (przy uwzględnieniu współczynnika skrócenia K, zależnego od wymiarów poprzecznych anteny).
2. Antena musi być dopasowana impedancyjnie do linii zasilającej i nadajnika.
3. Anteną symetryczną należy zasiląć linię symetryczną a antenę niesymetryczną linią zasilającą niesymetryczną.

I tak dysponując wspomnianym dipolem półfalowym 160 m, jedną linią zasilającą (o jednej określonej impedancji), podłączoną bezpośrednio do nadajnika na pozostałych pasmach nie spełniamy drugiego warunku — dopasowania impedancyjnego. Pewnym rozwiązaniem jest stosowanie skrzynek antenowych, o czym będzie mowa w dalszej części rozdziału.

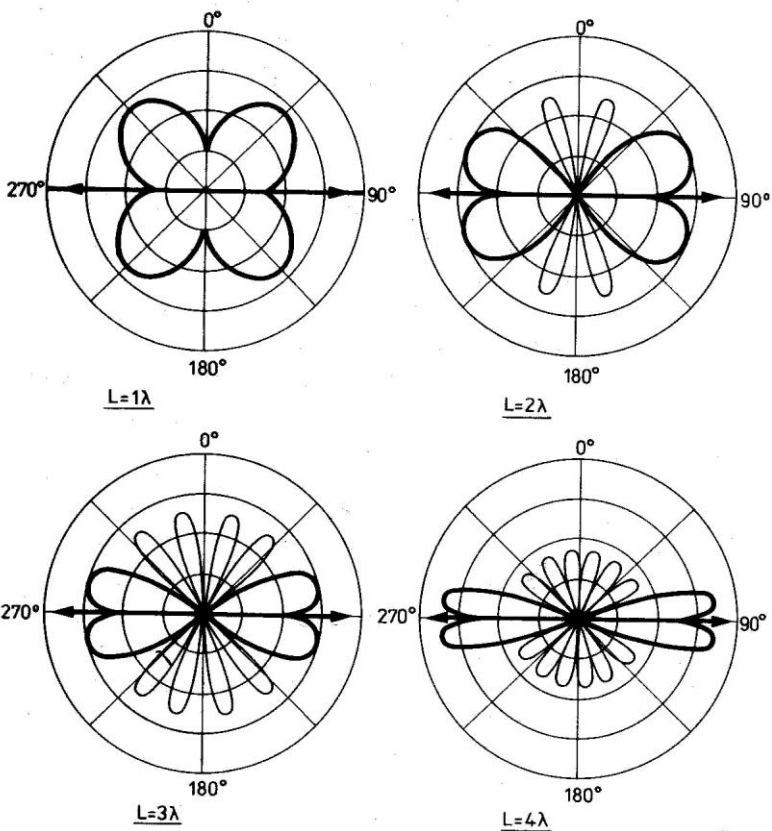
Przejdziemy teraz do omówienia poszczególnych drutowych anten KF.

3.1.1. Antena LW (Long-Wire)

Jak sama nazwa anteny wskazuje (long wire - ang.), jest nią długi drut lub linka miedziana, rozciągnięta pomiędzy nadajnikiem oraz drugim punktem zawieszenia (rys. 19). W antenie tej nie występuje oddzielna linia zasilająca. Częścią promieniującą jest cała długość przewodu od punktu zasilania [5]. Długość anteny LW powinna odpowiadać wielokrotności długości fali, od $\lambda/2$. Im większa długość anteny, tym zysk energetyczny jest większy, a główny kierunek promieniowania anteny układa się wzdłuż osi anteny (rys. 20). Można zaobserwować, że wraz ze wzrostem długości, impedancja anteny rośnie i w przypadku 5λ wynosi ok. 138Ω . W praktyce WFS takiej anteny wyniesie ok. 1:2 (10% mocy odbitej). Zaletą anteny LW jest jej niewątpliwie niski koszt, wadą jednak jest dość długi przewód, gdy chce się uzyskać większy



Rys. 19. Antena LW



Rys. 20. Charakterystyka promieniowania anteny LW

zysk energetyczny, a ponadto możliwość powstawania TVI (łatwość promieniowania wyższych harmoniczných — promieniująca część zasilająca). Antena powinna być zawieszona w przestrzeni niezabudowanej, co może stwarzać pewne problemy, zwłaszcza w warunkach miejskich. Dla poszczególnych pasm długość całkowitą anteny oblicza się ze wzoru:

$$L = \frac{150(n - 0,05)}{f}$$

gdzie:

- L — długość anteny [m],
 n — ilość połówek fal na długości anteny,
 f — częstotliwość rezonansowa w MHz.

Z przedstawionego zestawienia wynika, że antena LW może być stosowana jako wielopasmowa, tzn. w tych pasmach, w których, występuje wielokrotność długości fali (160, 80, 40, 20, 10 m).

Najbardziej optymalna antena ma długość 78 m. Parametry anteny na poszczególnych pasmach podano w tablicy 1.

Tablica 1

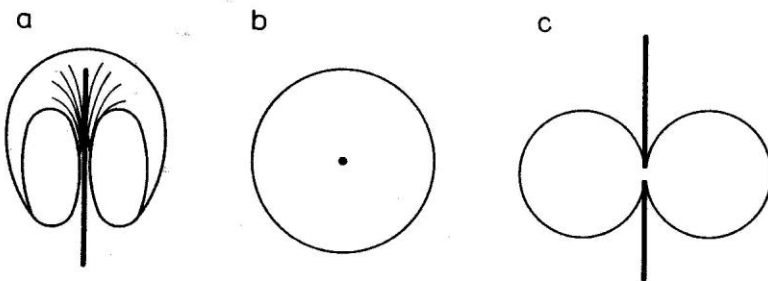
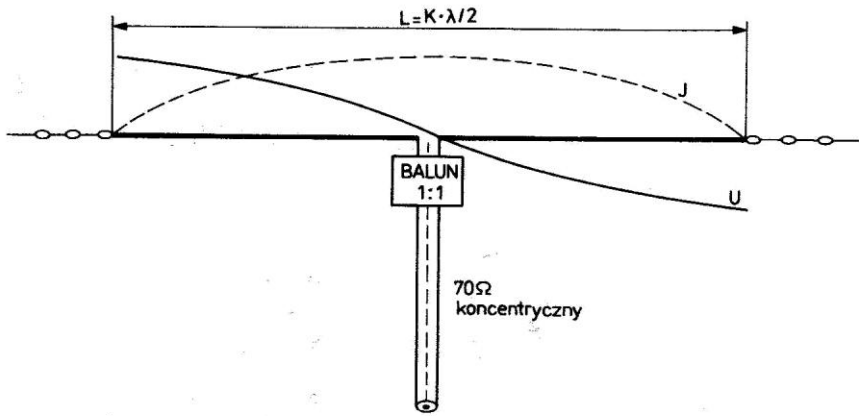
PARAMETRY ANTENY LW O OPTYMALNEJ DŁUGOŚCI 78 M

Pasmo [MHz]	Zysk [dB]	Impedancja [Ω]	Długość [λ]
1,8	0	73	1/2
3,5	0,60	94	1
7,0	1,60	109	2
14,0	3,50	130	4
28,0	6,20	152	8

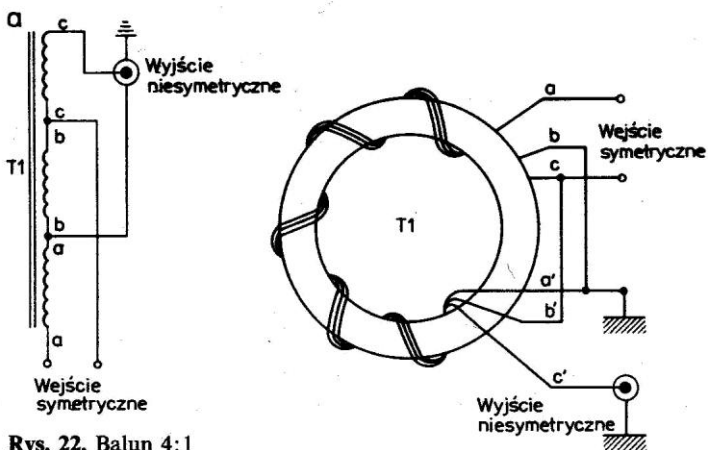
Należy zwrócić uwagę, że w przypadku pasma 14 i 28 MHz, LW staje się anteną kierunkową, co należy uwzględnić, wybierając kierunek zawieszenia.

3.1.2. Antena dipol półfalowy

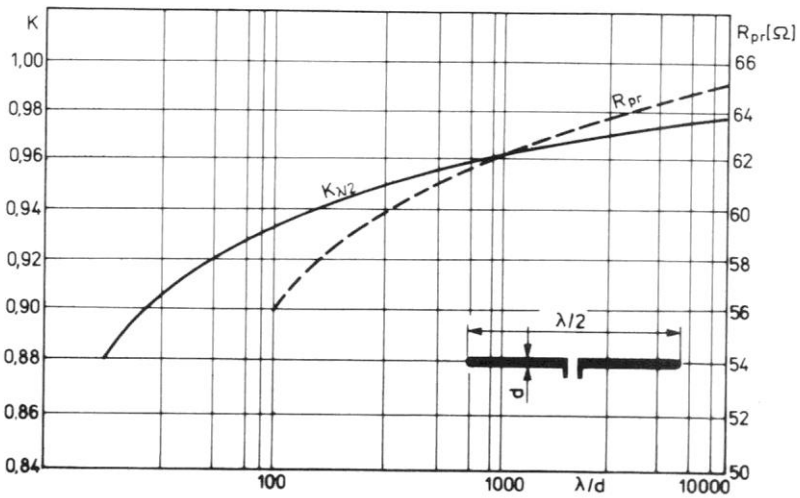
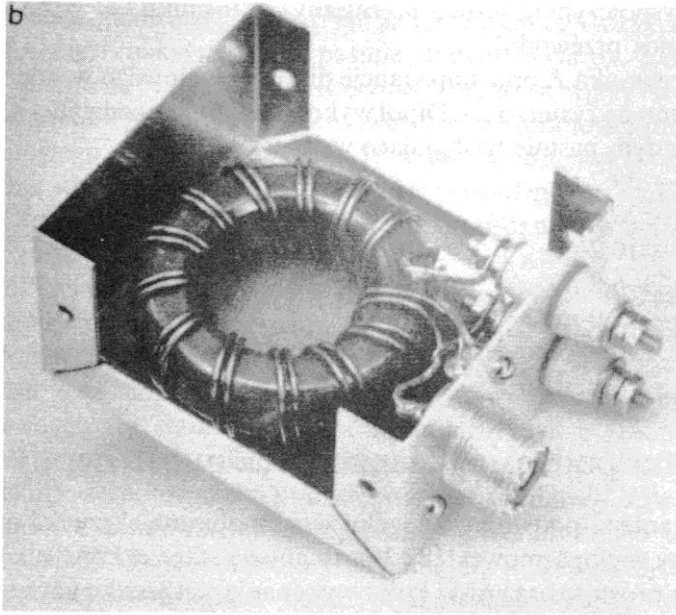
Podstawy teoretyczne pracy dipola półfalowego przedstawiono w rozdziale 2. Dipol półfalowy jest anteną jednopasmową [6], której długość odpowiada połowie fali w danym pasmie (rys. 21). Impedancja anteny wynosi ok. 70 Ω , co odpowiada typowej impedancji koncentrycznego kabla zasilającego. Niestety, w tym przypadku nie jest spełniony warunek symetrii. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie symetryzatora 1:1. Można go wykonać, nawijając trifilarnie 10 zwojów drutu DNE 1,6, na rdzeń ferrytowy z materiału F81 o średnicy 40—60 mm (rys. 22) [13]. Zastosowanie rdzenia o podanych wymiarach pozwala na nadawanie z mocą do 1 kW. Symetryzator umieszczono w metalowym pudełku, w którym po wywierceniu otworów przykręcono dwa zaciski laboratoryjne, połączone do końców dipola oraz gniazdo UC-1, do przykręcenia kabla zasilającego.



Rys. 21. Charakterystyki promieniowania dipola półfalowego
a — w przestrzeni, *b* — w płaszczyźnie pionowej, *c* — w płaszczyźnie poziomej



Rys. 22. Balun 4:1
a — schemat, *b* — widok



Rys. 23. Zależność współczynnika skrócenia od wymiarów geometrycznych dipola

Długość dipola półfalowego można obliczyć ze wzoru:

$$L = \frac{150 \cdot K}{f}$$

gdzie:

L — całkowita długość dipola [m],
 f — częstotliwość [MHz],

K — współczynnik skrócenia (zależny od stosunku λ/d , gdzie d — średnica przewodu).

Wartość współczynnika K oraz impedancję dipola półfalowego w zależności od λ/d przedstawiono na rysunku 23. Dipol wykonany z linki miedzianej o średnicy 4 mm ma w każdym pasmie następujące wymiary:

80 m — 39,7 m

40 m — 20,6 m

20 m — 10,2 m

15 m — 6,8 m

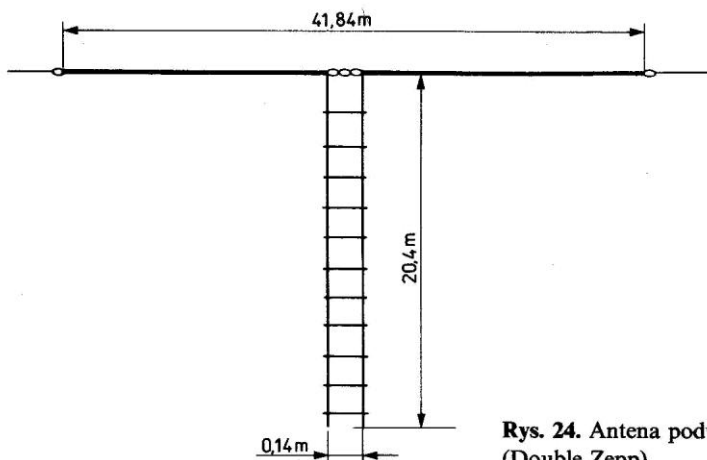
10 m — 5,0 m

Długość kabla zasilającego jest dowolna, byleby jego impedancja wynosiła 50—70 Ω .

3.1.3. Antena podwójny Zeppelin (Double Zepp)

Przedstawiona antena podwójny Zeppelin wraz z opisaną skrzynką antenową pełni rolę anteny wielopasmowej [18]. Jest to antena starszej konstrukcji, ale ze względu na swą prostotę oraz niski koszt wykonania jest jeszcze używana przez krótkofalowców.

Podwójny Zeppelin jest anteną symetryczną (dipol), zasilaną przez wysokoomową linię drabinkową. Celem skompensowania szkodliwego promieniowania przewodu doprowadzającego (LW) energię do anteny, zastosowano drugi przewód równoległy do pierwszego, z prądem w przeciwnej fazie (rys. 24) [15]. Przy podanych wymiarach zasilanie anteny na wszystkich pasmach jest napięciowe. W punktach zasilania antena ma wysoką impedancję, przez co użycie wysokoomowej (600 Ω), symetrycznej linii zasilającej jest uzasadnione. Impedancję taką można uzyskać przy grubości przewodu $d=2$ mm i odległości

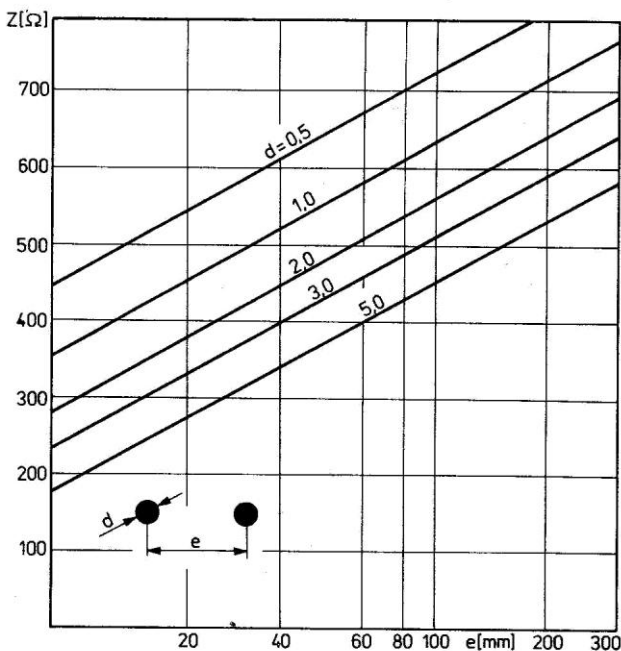


Rys. 24. Antena podwójny Zeppelin (Double Zepp)

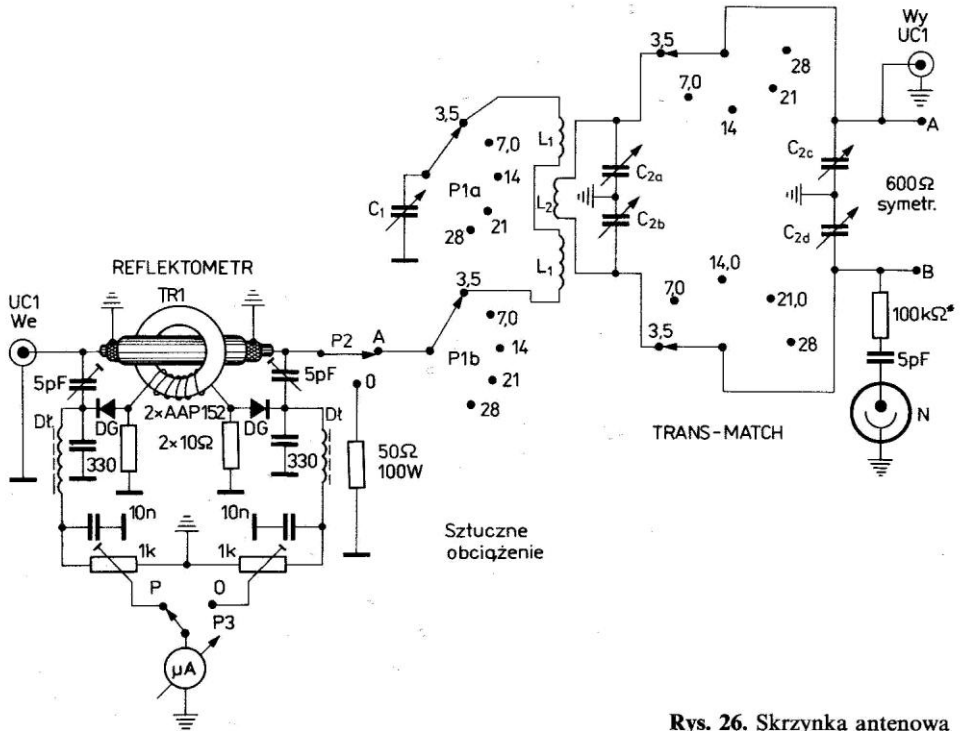
między przewodami $e = 0,14$ m (rys. 25). Zysk energetyczny anteny zależy od pasma i wynosi maksymalnie w pasmie 10-metrowym ok. 3 dBd.

Z anteną współpracuje skrzynka antenowa wg WIICP [14] (rys. 26), której zadaniem jest przetransformowanie wysokoomowej impedancji linii do niskoomowego wyjścia nadajnika. W skrzynce antenowej znajdują się dwa, sprzężone, strojone obwody rezonansowe: równoległy po stronie linii i szeregowy po stronie nadajnika. Jak wiadomo, impedancja równoległego obwodu w rezonansie jest wysoka, a szeregowego — niska.

Przełącznik PI służy do przełączania zespołów sprzężonych cewek na poszczególne pasma amatorskie. Kondensatory C_1 i C_2 służą do strojenia obu obwodów do rezonansu. Dane dotyczące cewek L_1 i L_2 zamieszczono w tablicy 2. Cewki na dwa najniższe pasma, zostały nawinięte na winidurowych, nagwintowanych (ze skokiem gwintu 1 mm) rurkach o średnicy 40 mm. Na pozostałe pasma cewki wykonano bez rdzenia w sposób pokazany na rys. 27. Przełączanie zespołów cewek następuje przy pomocy czterech, typowych przełączników ceramicznych 2×5 , które są wystarczająco wytrzymałe przy mocach do 250 W. Kondensatory zmienne C_1 — 200 pF i C_2 — 4×450 pF (o zwiększonych odstępach międzyplatkowych). Rotory wszystkich sekcji kondensatora C_2 są uziemione. Wyjście symetryczne dołączone jest do dwóch zacisków laboratoryjnych, przykręconych do obudowy skrzynki. W związku



Rys. 25. Zależność impedancji linii dwuprzewodowej od odległości między przewodami

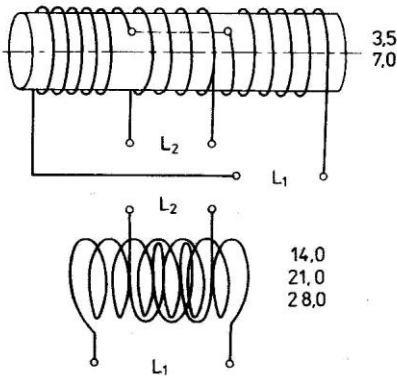


Rys. 26. Skrzynka antenowa

Tablica 2

DANE CEWEK SKRZYNNKI ANTENOWEJ

Cewka pasmo	Drut	Zwoje	Długość	Rdzeń	
L_1	3,5	DNE 1,2	2 × 17	120 mm	40 mm
	7,0	DNE 1,2	2 × 15	100 mm	40 mm
	14,0	DNE 2,0	16	80 mm	40 mm
	21,0	DNE 2,0	12	73 mm	38 mm
	28,0	DNE 2,0	8	50 mm	30 mm
L_2	3,5	DNE 1,2	6	—	40 mm
	7,0	DNE 1,2	4	—	40 mm
	14,0	DNE 2,0	4	—	39 mm
	21,0	DNE 2,0	3	—	37 mm
	28,0	DNE 2,0	2	—	29 mm
$TR1$	DNE 0,2	20	—	ferrytowy toroidalny	
$DL1, DL2$	DNE 0,2	20	5 mm	ferrytowy walcowy 50 × 3 mm	



Rys. 27. Sposób nawinięcia cewek skrzynki antenowej

z zainstalowaniem dodatkowego, niesymetrycznego wyjścia (UC-1), można stroić skrzynką inne anteny zasilane kablem koncentrycznym.

Do jednego z ramion wyjścia symetrycznego podłączono neonówkę, poprzez opornik (100 K Ω —1 M Ω) oraz kondensator (10 pF). Służy ona do wizualnej kontroli strojenia. W skrzynce znajduje się również sztuczne obciążenie (bezindukcyjne) 50 Ω /100 W oraz reflektometr, bez których zestrojenie anteny nie jest możliwe. Obudowę skrzynki antenowej stanowi pudełko, wykonane z blachy aluminiowej, o wymiarach 300 \times 170 \times 200 mm. Obudowa powinna być uziemiona. Skrzynka antenowa może być wykonana w postaci wolnostojącej obudowy lub przymocowana do ściany okiennej, przez którą przechodzą przewody zasilające antenę.

Etapy strojenia anteny za pomocą skrzynki:

- zestrzamy nadajnik na sztucznym obciążeniu, na pełne wychylenie wskazówki WFS w pozycji „padająca”;
- przełączamy nadajnik na antenę i kondensatorem C_2 ustawiamy pełne wychylenie wskazówki WFS w pozycji „padająca”;
- przełączamy WFS na pozycję „odbita” i kondensatorem C_1 stroimy na minimum wychylenia wskazówki;
- przełączamy z powrotem w pozycję „padająca” i kondensatorem C_1 delikatnie korygujemy na maksymalne wychylenie wskazówki.

Dodatkowym wskaźnikiem poprawności dostrojenia jest neonówka, która świeci najjaśniej przy optymalnym zestrojeniu anteny (największa moc padająca, najmniejsza odbita). W celu ułatwienia następnych strojeń, na skali obu kondensatorów naniesiono zakresy strojeniowe. Wykonuje się je przez precyzyjne dostrojenie anteny na początku i na końcu każdego pasma i zanotowanie wskazań na skali. Skalę dziesiątną miernika, celem łatwiejszego odczytu, należy wyskalować według rysunku 4.

Antena podwójny Zeppelin, ze względu na swoje krytyczne wymiary (długość części promieniującej i fidera) może sprawiać pewne problemy przy zawieszaniu. Fider powinien być prowadzony do anteny pod kątem prostym, przy niewielkim zwisie, tak aby nie „bujął się” na wietrze. Ważne jest również,

aby odciążenia wykonane były z materiału izolacyjnego (sznurek parafinowany, linka nylonowa, itp.). Na końcu ramion dipola należy zamontować jeden izolator, oraz trzy pośrodku, do uzyskania odstępu między połówkami dipola — 0,14 m. Celem utrzymania odstępu między przewodami fidera, co 1,5 metra przymocowano rozprórki tekstolitowe o szerokości 20 mm i długości 160 mm.

Przy poprawnym przycięciu wymiarów anteny i fidera oraz starannym wykonaniu skrzynki antenowej, WFS na każdym pasmie i w każdym jego miejscu nie powinien być większy niż 1:1,1.

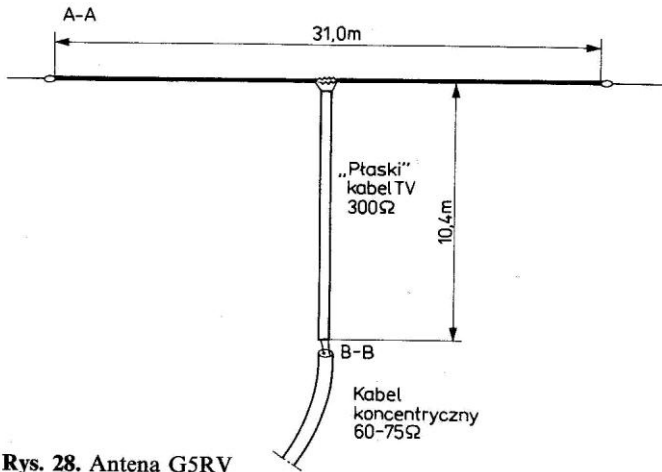
3.1.4. Antena G5RV

Antena ta, opracowana przez brytyjskiego krótkofalowca, o łącznej długości 31 metrów [8], pracuje poprawnie na wszystkich pasmach amatorskich (rys. 28), z wyjątkiem 21 MHz. Rezystancja anteny jest różna na każdym pasmie, zatem celem jej przetransformowania, do zasilania anteny zastosowano symetryczną linię telewizyjną 300 Ω o długości 10,4 metra. W punkcie zasilania *B-B* impedancja wynosi ok. 70 Ω , co pozwala na dołączenie przewodu koncentrycznego. Pozostałości niedopasowania na poszczególnych pasmach można zniwelować, dostrajając π filtr w nadajniku.

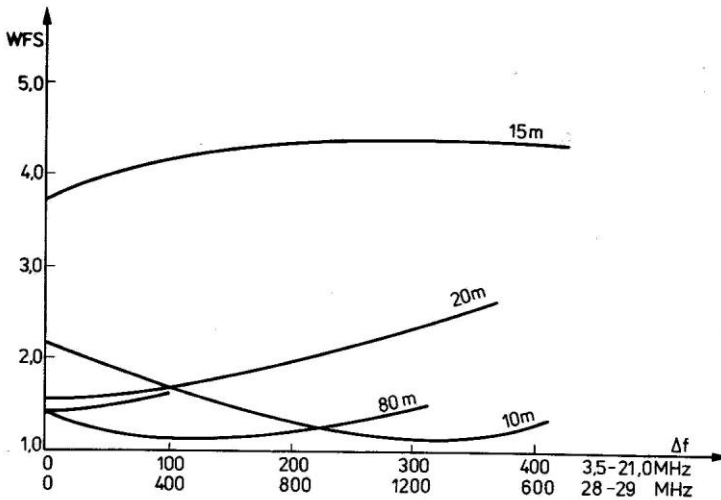
W pasmie 10 metrów każda z obu połówek ma długość $3/2 \lambda$ [1]. Charakterystyka promieniowania jest taka jak dla dipola o długości całkowitej 3 λ . Ze względu na synfazową pracę obu połówek, zysk energetyczny wynosi ok. 1,8 dBd. Symetryczna linia zasilająca 300 Ω , ma długość $5/4 \lambda$. W związku z występowaniem w punktach *A-A* maksymalnej rezystancji, na końcach linii zasilającej *B-B* wystąpi strzałka prądu, co powoduje że jest ona dobrze dopasowana do niskoomowej linii koncentrycznej 50—75 Ω . G5RV pracuje poprawnie w pasmie 10-metrowym (rys. 29).

W przypadku pasma 15-metrowego cała antena jest nieco dłuższa od λ . Linia zasilająca jest dłuższa od $3/4 \lambda$. W związku z tym, że antena nie pracuje w rezonansie, dopasowanie nieco się poprawia na skutek częściowej, wzajemnej kompensacji składowych biernych anteny i linii zasilającej. Obie połówki wibratora są wzbudzone również synfazowo, a zysk energetyczny wynosi ok. 2,4 dBd. Pozioma charakterystyka promieniowania anteny jest podobna do dipola 2 λ . Z wykresu na rysunku 29 wynika, że w pasmie 15-metrowym antena pracuje najgorzej.

W pasmie 20 metrów antena nie stanowi optymalnego rozwiązania. Długość jej wynosi ok. $3/2 \lambda$. Główny listek charakterystyki promieniowania jest węższy niż dla dipola, w związku z czym antena promieniuje w tym kierunku z zyskiem 2—2,2 dBd. Impedancja anteny w punktach *A-A* wynosi ok. 70 Ω (strzałka prądu), lecz ze względu na transformacje właściwości linii zasilającej, w punktach *B-B* wynosi ona ok. 200 Ω . W rezultacie występuje niedopasowanie anteny do koncentrycznej linii zasilającej.



Rys. 28. Antena G5RV



Rys. 29. Zależność WFS anteny G5RV na poszczególnych pasmach

W pasmie 40 metrów długość anteny stanowi $3/4 \lambda$, co daje w punktach *A-A* impedancję 600Ω . Linia zasilająca stanowi w tym pasmie długość ok. $0,3 \lambda$, przez co obniżają impedancję w punktach *B-B* do ok. 150Ω i kompensuje składowe bierne. Pozioma charakterystyka promieniowania jest podobna do dipola półfalowego, a zysk energetyczny wynosi ok. $0,5 \text{ dBd}$.

W pasmie 80 metrów antena ma długość ok. $0,38\text{--}0,45 \lambda$, przez co również nie znajduje się w rezonansie. Impedancja w punktach zasilania *A-A* wynosi ok. 150Ω , co przy linii zasilającej ($0,15\text{--}0,16 \lambda$) daje na jej końcu (w punktach *B-B*) ok. 100Ω . Antena w tym pasmie ma mały zysk kierunkowy i charakterystykę podobną do dipola półfalowego.

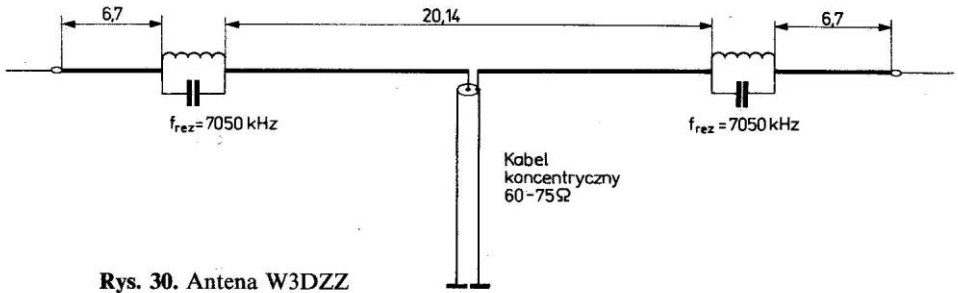
Impedancja na końcu całej linii (od strony nadajnika) zależy również od impedancji kabla koncentrycznego i jego długości. G5RV jest anteną kompromisową i bez skrzynki antenowej nie zapewnia poprawnej pracy tak jak np. podwójny Zeppelin.

3.1.5. Antena W3DZZ

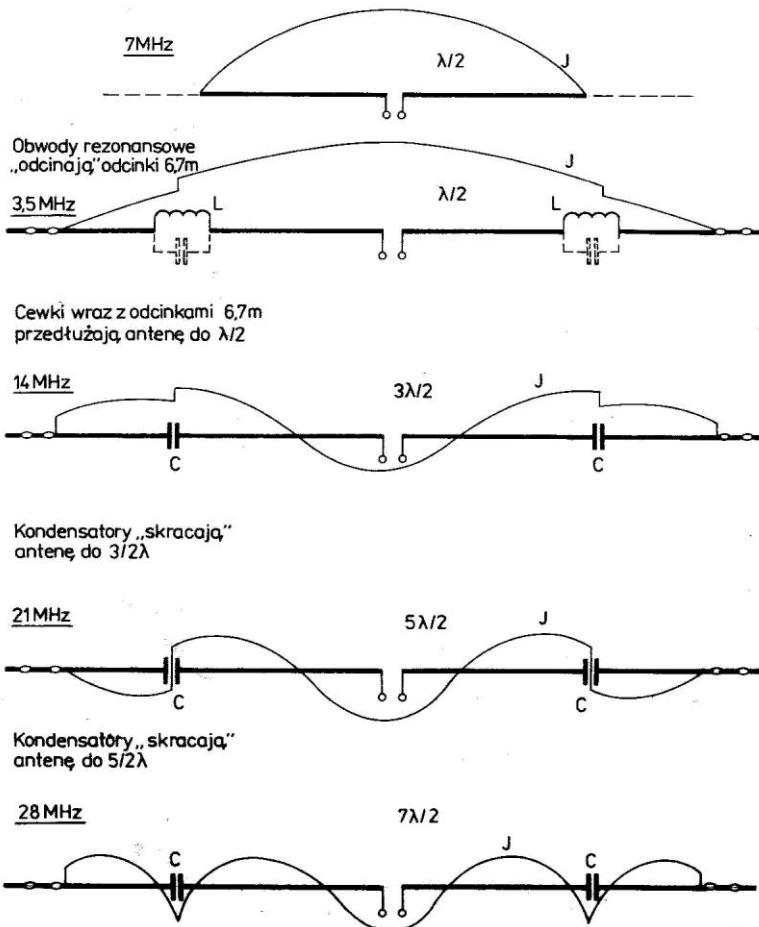
Antena W3DZZ została skonstruowana przez amerykańskiego krótkofalowca w latach pięćdziesiątych. Jest ona dipolową anteną symetryczną z odsprzęgaczami w postaci obwodów *LC* [15]. Obwód nie stanowi odcinka promieniującego anteny, choć przy pracy na innych częstotliwościach od rezonansowej wnosi skupioną reaktancję indukcyjną lub pojemnościową (rys. 30). Antena sprawuje się poprawnie na pięciu podstawowych pasmach amatorskich, przez co do dziś jest produkowana i stosowana w łączności amatorskiej. Zasadę działania anteny oraz charakterystyki promieniowania na poszczególnych pasmach przedstawiono na rysunku 31. Oba obwody rezonansowe *LC* są dostrojone na częstotliwości 7050 kHz i w pasmie 40 metrów „odcinają” dodatkowe odcinki o długości 6,7 metra, przekształcając antenę w dipol półfalowy. Drugi rezonans uzyskuje się w pasmie 80-metrowym. Dodatkowe odcinki za obwodami *LC* oraz cewki, wydłużają antenę do $\lambda/2$, dając rezonans na 3,6 MHz. Trzeci rezonans wypada na częstotliwości 14,2 MHz ($3/2 \lambda$), dzięki skracającym właściwościom kondensatorów w odsprzęgaczach (trapach). Impedancja anteny wynosi wówczas ok. 100 Ω , przez co następuje zgodność z niską impedancją linii. Czwarty rezonans występuje w okolicy 21,1 MHz ($5/2 \lambda$), również dzięki skracającym właściwościom kondensatorów i pojemności własnej anteny na jej końcach. Impedancja anteny w tym pasmie wynosi ok. 120 Ω . W pasmie 10-metrowym rezonans uzyskuje się na podobnej zasadzie na $5/2 \lambda$. Impedancja wynosi wówczas ok. 130 Ω .

Cewkę trapu nawinięto na rurce porcelanowej lub z tworzywa (polipropylen, poliamid) o średnicy 50 mm i długości 80 mm, drutem DNE 2,0 — 19 zwojów. Cewka powinna mieć indukcyjność ok. 8,3 μH . Kondensator 60 pF/3—5 kV należy umieścić wewnątrz rurki z cewką. Po zestrojeniu całość powinna być zabezpieczona kilkukrotnie lakierem lub innym środkiem mającymi na celu zabezpieczenia trapu przed warunkami atmosferycznymi.

Wykresy WFS na poszczególnych pasmach przedstawiono na rysunku 32. W celu poprawienia WFS można zastosować symetryzator, lecz ze względu na zmianę impedancji na poszczególnych pasmach w granicach 40—130 Ω , w stosunku do 70-omowego kabla koncentrycznego, jest to pewnego rodzaju kompromis. Jeżeli poprawimy WFS na dwóch niższych pasmach, to pogorszy się on na wyższych. Próby przeprowadzone przez SP6LB [1] wskazują, że można poprawić pracę anteny w pasmach 3,5—21,0 MHz, poprzez połączenie obu połówek dipola kondensatorem o pojemności 47 pF.

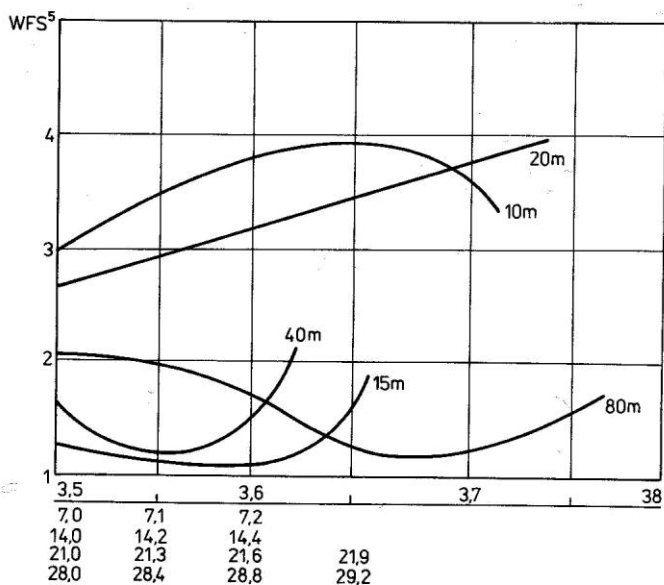


Rys. 30. Antena W3DZZ



Rys. 31. Charakterystyka prądowa anteny W3DZZ, na poszczególnych pasmach

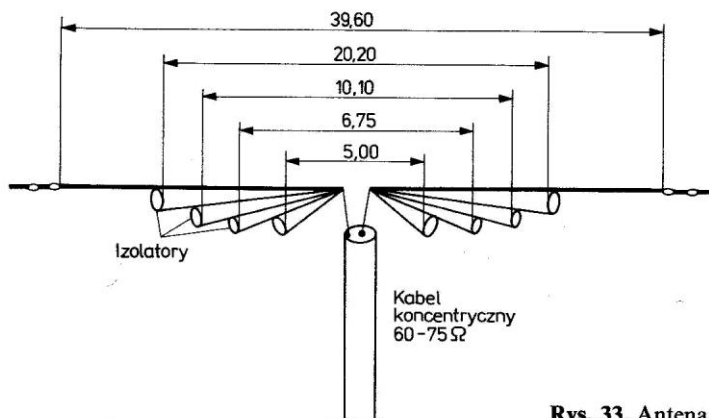
Istnieją różne wersje anteny W3DZZ, poprawiające WFS anteny na różnych pasmach, należy jednak pamiętać, że każda antena wielopasmowa jest pewnym kompromisem między poprawnością jej pracy na wszystkich pasmach.



Rys. 32. Zależność WFS od częstotliwości w antenie W3DZZ

3.1.6. Antena 5-dipolowa

Ciekawym rozwiązaniem jest zespół pięciu dipoli, zasilanych jednym kablem koncentrycznym, których końce są podwieszane izolatorami lub naprężaczami do najdłuższego dipola (rys. 33) [13]. Każdy dipol pracuje tylko na jednym pasmie, na który jest nastrojony. Pozostałe dipole nie wpływają na impedancję pracującego dipola, gdyż ich impedancje są kilkunastokrotnie większe od 70Ω , co przy połączeniu równoległym tylko nieznacznie obniża wypadkową impedancję anteny. Poprzez wzajemne sprzężenie indukcyjne pomiędzy dipolami zostaje zniekształcona nieznacznie jedynie charakterystyka anteny.



Rys. 33. Antena pięciodipolowa

Konstrukcja anteny polegająca na podwieszaniu wzajemnym dipoli stwarza pewne problemy, gdyż podczas wiatru słabo naprężone, mniejsze dipole mogą nawijać się na siebie wzajemnie. Pewnym rozwiązaniem może być rozłożenie wszystkich dipoli w „gwiazdę”, wymaga to jednak 10 punktów zawieszenia anteny. Do zasilania wystarczy jeden kabel koncentryczny dowolnej długości.

Mechaniczne sposoby wykonywania anten drutowych, uziemień oraz materiałów konstrukcyjnych zostaną podane w rozdziałach 6 i 7.

3.2. ANTENY PIONOWE JEDNO I WIELOPASMOWE

W tym rozdziale opisano pionowe anteny jedno i wielopasmowe. Anteny z polaryzacją pionową są wykonywane głównie na wyższe pasma, istnieją również anteny ćwierćfalowe na pasmo 80 metrów wydłużane cewkami, lub pełnowymiarowe w postaci drutu podwieszanego na wysokich budowlach, drzewach itp.

3.2.1. Jednopasmowa antena GP

Najprostszą anteną pionową jest GP (opisany w rozdziale 2). Stanowi ćwierćfalowy, pionowy promiennik wraz z uziemionymi przeciwwagami o tej samej długości. Promiennik stanowi najczęściej stalowa lub aluminiowa rura zamocowana w izolatorze, niekiedy linka miedziana lub oplot kabla. Przeciwwagi są wykonywane w antenach KF z linki lub drutu miedzianego. Antena GP jako niesymetryczna, może być zatem zasilana niskoomowym kablem koncentrycznym (50—75 Ω) (rys. 34). Jak wspomniano w rozdziale 2, impedancja anteny zależy od kąta pomiędzy promiennikiem a przeciwwagami. Impedancję 75 Ω uzyskuje się przy kącie 135°. W przypadku anteny na pasmo 20 metrów powoduje to konieczność zamocowania anteny na maszcie o minimalnej długości 3,5 m, aby końce przeciwwag dotykały podłoża. Długość promiennika dla poszczególnych pasm, w zależności od średnicy promiennika przedstawiono w tablicy 3 [1]. Zwiększając kąt pomiędzy promiennikiem a przeciwwagami do 180° uzyskujemy pionową antenę — dipol półfalowy.

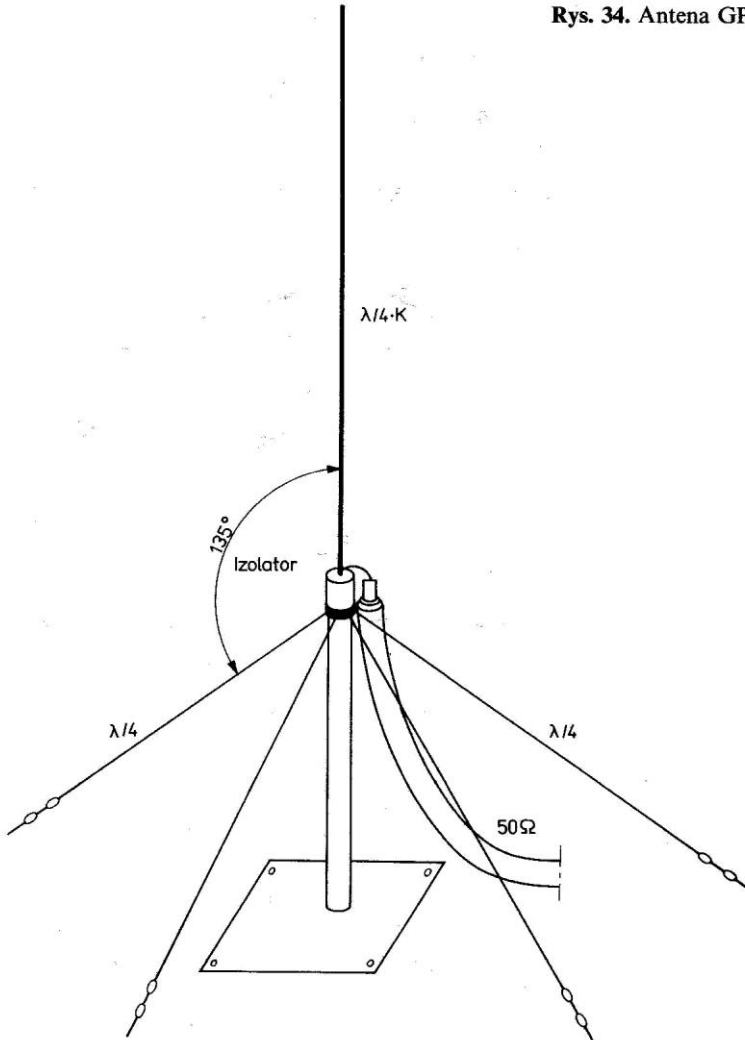
WYMIARY ANTEN GP

Tablica 3

Średnica promiennika [mm]	Częstotliwość środkowa [MHz]				
	28,8	28,3	21,1	14,05	7,07
2	254	259	347	522	1037
6	253	258	346	521	1036
20	252	257	345	519	1032
40	250	255	344	517	1030

Długości promiennika anteny GP podano w cm

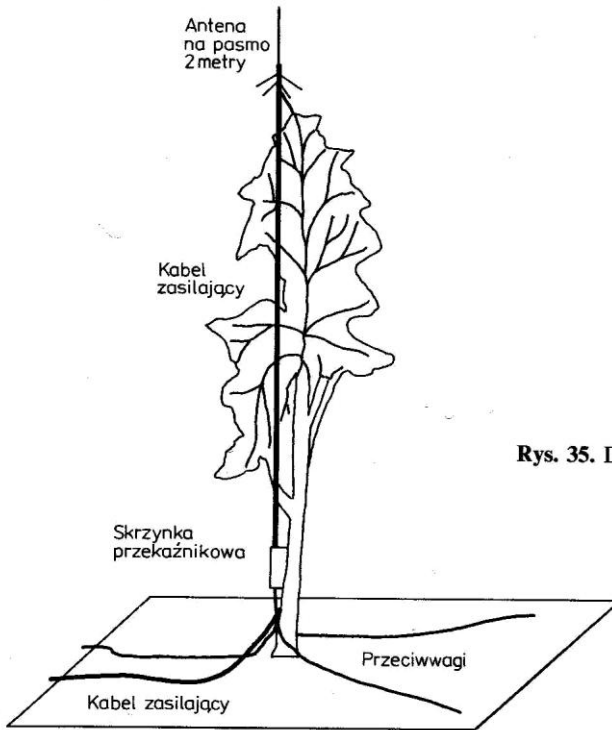
Rys. 34. Antena GP



3.2.2. Antena GP na 3,5 MHz oraz 145 MHz

Ciekawym, a zarazem praktycznym rozwiązaniem jest wykorzystanie opłotu kabla koncentrycznego jako anteny pionowej [18]. Na czubku wysokiego drzewa (ok. 20 m), komina lub szczycie budynku umieszczono antenę GP na pasmo dwumetrowe. Antena ta jest zasilana kablem koncentrycznym, biegnącym pionowo wzdłuż wymienionego punktu wysokościowego. Ten właśnie kabel, po przełączeniu przekaźnikiem i zwarceniu żyły głównej z ekranem stanowi promiennik ćwierćfalowej anteny GP na pasmo 80-metrowe (rys. 35).

Długość anteny GP lub innej na pasmo 2-metrowe wraz z kablem zasilającym powinna wynosić 20 m. Można zastosować inną antenę UKF, jak

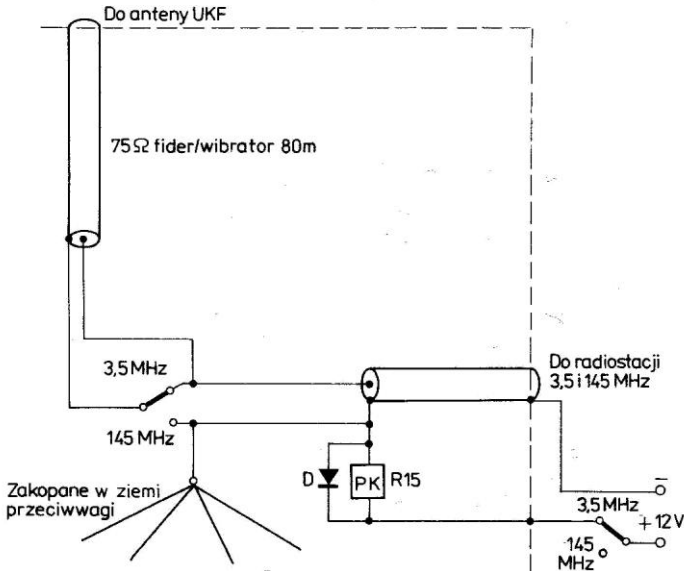


Rys. 35. Dwupasmowa antena GP

np. trzelementową antenę kolinearną, opisaną w rozdziale 4, której długość wynosi 4,2 metra. Zmniejszyłoby to wysokość zamocowania anteny, a tym samym skróciło długość kabla koncentrycznego. Sposób przełączania i zasilania obu anten przedstawiono na rysunku 36. Skrzynka z przełącznikiem znajduje się 30 cm nad ziemią i jest przymocowana do drzewa. Jedynym koniecznym warunkiem poprawności pracy układu dwóch anten jest to, aby przeciwwagi anteny 2-metrowej nie były połączone w żadnym miejscu z masą (uziemieniem).

Należy również wykonać cztery przeciwwagi do anteny 80-metrowej w postaci linek miedzianych w izolacji PCW, o długości 20 m każda, które po połączeniu końców, zostały zakopane w rowkach w ziemi, na głębokości ok. 5 cm. Połączone końcówki skrócone i zalutowane na gwoździu, który wbito w drzewo, poniżej skrzynki z przełącznikiem.

Do przełączania anten zastosowano typowy, trzystykowy przełącznik R15 o napięciu zasilania 12 V i stykach 3 A. Aby mieć pewność skutecznego przełączania przełącznika, pracującego w ciężkich warunkach atmosferycznych, najlepsze byłoby równoległe połączenie wszystkich par styków. Przełącznik powinien znajdować się w hermetycznym pudełku, zabezpieczającym go przed wilgocią. Kabel zasilający antenę dwumetrową, stanowiący jednocześnie promiennik GP 80 metrów, powinien być oddalony od drzewa, o co najmniej 30 cm.



Rys. 36. Sposób zasilania dwupasmowej anteny GP

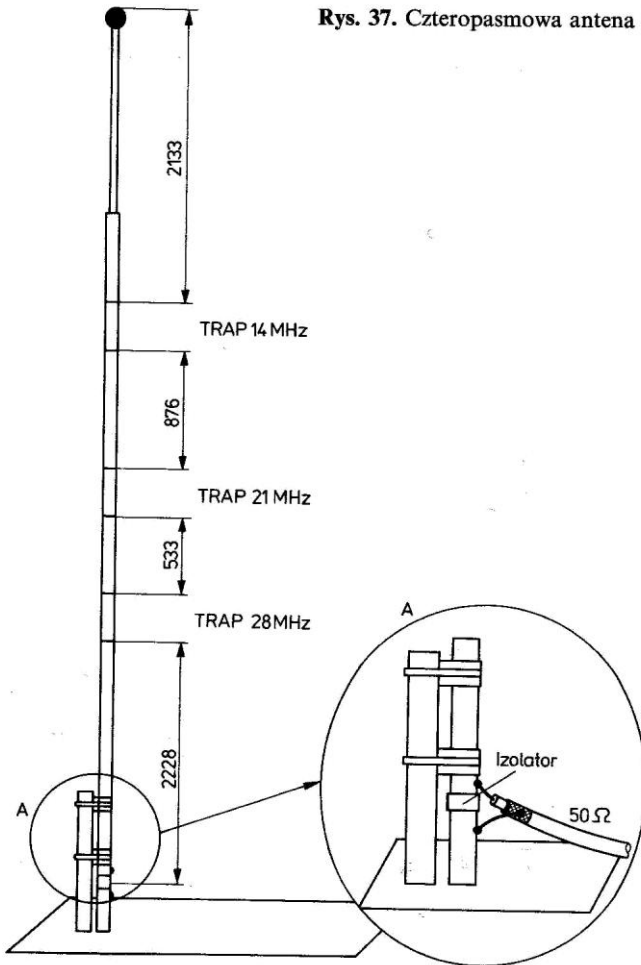
W tym celu zastosowano rozpórkę o długości ok. 50 cm, na wysokości 1,8 m, a następnie kabel naprężono. Do zasilania przełącznika wystarczy przewód jednożyłowy (+), gdyż ekran kabla dochodzącego do skrzynki przełącznikowej jest połączony z masą transceivera oraz zasilacza. Przy braku napięcia zasilania ekran jest zwarty z żyłą „gorącą” kabla koncentrycznego. Podanie napięcia na przełącznik powoduje przełączenie kabla na antenę 2-metrową. Antena 80-metrowa stroi się poprawnie bez skrzynki antenowej, z WFS nie gorszym jak 1:1,4.

Przy braku drzewa o wysokości 20 metrów lub innego punktu wysokościowego można również wykonać antenę na wyższe pasma (40—10 metrów).

3.2.3. CZTEROPASMOWA ANTENA GP

Celem uzyskania wielopasmowej anteny KF zastosowano pomysł elektrycznego skracania anteny przez zastosowanie równoległych obwodów rezonansowych — pułapek (*trapów* — ang.) jak w przypadku anteny W3DZZ, włączonych pomiędzy odcinki pionowego promiennika. Równoległe obwody rezonansowe, nastrojone na środki poszczególnych pasm amatorskich, mają w rezonansie wysoką impedancję, przez co „odcinają” elementy promiennika znajdujące się powyżej. Dla częstotliwości nierezonansowych cewka trapy wprowadza pewną długość, którą należy odjąć projektując następne elementy anteny. Chcąc zatem uzyskać 4-pasmową antenę GP wystarczy zastosować trzy trapy.

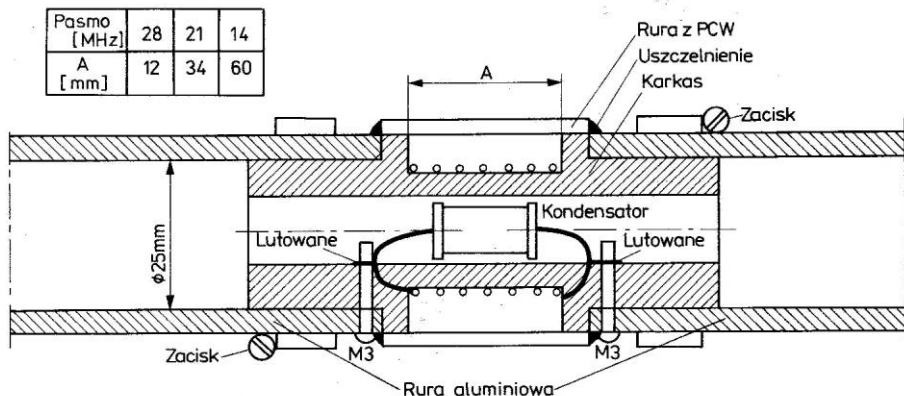
Rys. 37. Czteropasmowa antena GP



Interesującym rozwiązaniem jest 4-pasmowa (7, 14, 21, 28 MHz) antena GP o wysokości 6 m (rys. 37), znajdująca się wewnątrz masztu flagowego z włókna szklanego [13]. Antena nie wymaga stosowania przeciwwag, gdyż punkt zasilania znajduje się ok. 20 cm nad ziemią, która sama stanowi najlepszą przeciwagę. Antenę wykonano z rurek aluminiowych oraz trapów nawiniętych na izolacyjnych karkasach z tworzywa (PP, Poliamid itp.). Wymiary karkasów, sposób nawinięcia oraz montażu przedstawiono na rysunku 38.

Trap 28 MHz — cewka nawinięta drutem DNE 1,3 — 5 zwojów nawiniętych na długości 12 mm, kondensator — 25 pF/3 kV.

Trap 21 MHz — cewka nawinięta drutem DNE 1,3 — 13 zwojów na długości 34 mm, kondensator 12,5 pF (dwa kondensatory 25 pF/3 kV, połączone szeregowo).



Rys. 38. Sposób wykonania trapów

Trap 14 MHz — cewka nawinięta drutem DNE 1,3 — 23 zwoje na długości 60 mm, kondensator 12,5 pF (jw.).

Częstotliwości rezonansowe ww. obwodów wynoszą: 28,0, 20,8, 14,0. Należy je dostroić za pomocą falomierza — generatora, poprzez ściskanie i rozciąganie uzwojeń cewek.

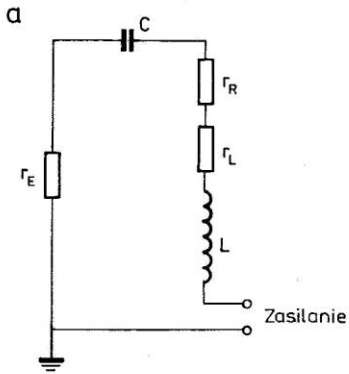
Trapy zostały połączone z rurkami poprzez wsunięcie karkasów cewek do rurek i zaciśnięcie obejmkami stalowymi, służącymi np. do zaciskania przewodów paliwa na króćcach pompy, gaźnika itp. Przed włożeniem karkasu cewki, końcówkę rury aluminiowej należy naciąć krzyżowo na głębokość ok. 40 mm. Do obu końców trapów przylutowano blaszki miedziane o wymiarach 30 × 30, grubości 0,2 mm i owinięto nimi końce karkasów wszystkich cewek. Po nasunięciu rurek aluminiowych i zaciśnięciu zaciskami kontakt elektryczny trapów z rurami aluminiowymi promiennika będzie pewniejszy.

Ostatnim etapem jest naciągnięcie i obkurczenie na cewce i końcówkach rurek koszulki termokurczliwej. Średnice rur 25—30 mm, należy dobrać tak, aby karkasy cewek trapów nie wchodziły do nich za luźno, gdyż nie będzie wówczas możliwe zaciśnięcie rur na karkasach.

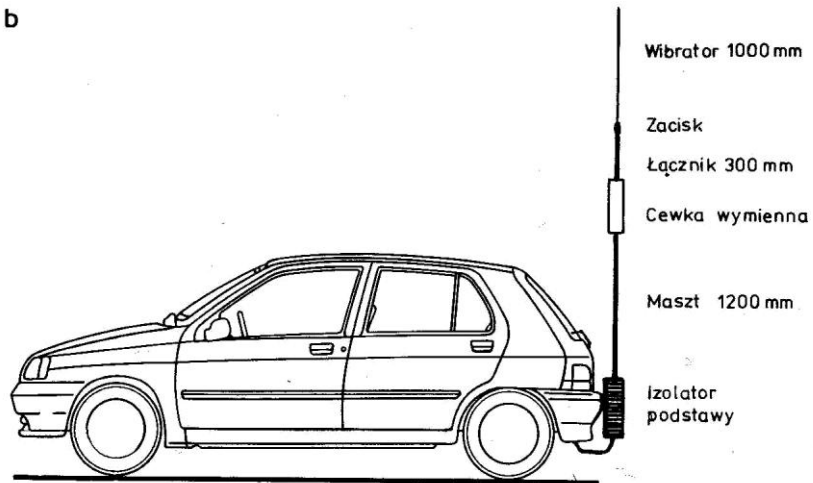
Cała antena po zmontowaniu została umieszczona w maszcie flagowym z włókna szklanego i zamocowana w uchwycie podstawy. Tak zakamuflowaną antenę można zastosować wszędzie tam, gdzie amator ma kłopoty z sąsiadami lub np. na obozie harcerskim, gdzie spełnia ona dodatkową funkcję.

3.2.4. WIELOPASMOWA ANTENA KF-MOBILE

Przedstawiona antena pracuje na 9 pasmach amatorskich (WARC). Mimo swojej niewielkiej długości (ok. 2,5 m) jest skuteczna, nawet na niższych pasmach KF (rys. 39). Antena została zamontowana na tylnym zderzaku samochodu.



Rys. 39. Antena wielopasmowa — mobile
 a — schemat elektryczny, b — sposób montażu



Można ją również używać jako stacjonarną po dodaniu przeciwwag [17]. Antena charakteryzuje się:

- dobrymi osiąganiami na każdym pasmie,
- minimalną ingerencją w karoserię samochodu,
- łatwym montażem i demontażem,
- szybką zmianą pasm,
- prostą obsługą (bez skrzynki antenowej),
- możliwością pracy nawet przy prędkości 100 km/h,
- możliwością nadawania z dużą mocą (do 150 W),
- niską ceną.

Praktycznie wszystkie anteny mobilowe są krótkimi antenami pionowymi, strojonymi względem ziemi (GP). Anteny te charakteryzują się niskim kątem promieniowania, który ulega nieznacznemu podwyższeniu wraz ze zmniejszeniem długości anteny, w stosunku do długości fali. Pozioma charakterystyka promieniowania — dookólna.

Tylko w przypadku pasma 10 metrów możliwe jest uzyskanie pełnej, fizycznej długości — $1/4\lambda$. W związku z tym „brakująca” długość na niższych pasmach należy zastąpić cewką wydłużającą, lub pojemnością na wierzchołku promiennika. Ze względów aerodynamicznych (jadącego pojazdu), nie jest możliwe stosowanie „pajaków” czy „kapeluszy” na wierzchołkach anten mobilowych. W związku z tym pozostaje zastosowanie cewek wydłużających. Teoretyczny ekwiwalent anteny samochodowej przedstawiono na rysunku 39a.

Prąd w.c.z. płynący w cewce jest praktycznie stały i równy co do wartości prądowi płynącemu w dolnej części wibratora, a jego przepływ powoduje indukowanie się w cewce wysokiego napięcia, którego maksimum występuje na wierzchołku anteny. Całkowitym ekwiwalentem anteny jest: indukcyjność cewki, pojemność wibratora górnego, rezystancja promieniowania r_R , rezystancja cewki r_L , oraz rezystancja ziemi r_E . Energia w.c.z. w antenie zostaje wydzielona na trzech ww. rezystancjach. Jednak użyteczna jest tylko ta, która wydzieli się na rezystancji promieniowania. Wielkość jej świadczy o skuteczności anteny i powinna być proporcjonalnie jak największa. Największe straty występują na rezystancji ziemi r_E .

Istnieją dwie możliwości wykonania i zainstalowania samochodowej anteny GP:

1. Bezpośrednie zamocowanie anteny na dachu i zasilanie u podstawy cewki.
2. Cewka zasilana jest poprzez maszt, zamocowany na zderzaku, o długości proporcjonalnej do górnej części wibratora.

W drugim przypadku rezystancja promieniowania jest 5 razy większa niż w pierwszym, w związku z tym wariant ten jest korzystniejszy do zastosowania w mobilowej antenie KF. Antena przedstawia dla nadajnika impedancję równą sumie $r_R + r_L + r_E$, która jest mniejsza od 50Ω . W celu przetransformowania impedancji zastosowano bocznik pojemnościowy. Ponieważ antena pracuje bez skrzynki antenowej, należy zastosować wymienne cewki wydłużające na każde pasmo. Cewka wraz z pojemnością wibratora uzyskuje rezonans na danym pasmie i WFS nie większy niż 1:1,5. Dobroć cewek wymiennych rośnie wraz ze zmniejszeniem częstotliwości, co wiąże się ze zmniejszeniem szerokopasmowości anteny. I tak np. w pasmie 7 MHz przy WFS nie gorszym niż 1:1,5 szerokość pasma anteny wynosi tylko 25 kHz!, a na niższych pasmach jeszcze mniej.

Wibrator nad cewką składa się z łącznika oraz promiennika. Promiennik można wsuwać i wysuwać z łącznika, a przez to dostrajać antenę do rezonansu na każdym pasmie. Niestety, dla zakresu 1,8 MHz mimo pełnego wysunięcia promiennika, pokrycie pasma jest 75-procentowe. Aby zwiększyć je do 100% należy zastosować dłuższy promiennik. W pozostałych pasmach zakres regulacji promiennika jest wystarczający do jego pokrycia.

Wysokość cewki ma również wpływ na efektywność anteny. Im wyżej znajduje się cewka, tym większa jest rezystancja promieniowania i na odwrót. Z drugiej jednak strony, cewka nie może być zainstalowana zbyt wysoko, ze

względu na jej wymiennność dla każdego pasma, oraz konieczność regulacji długości górnego wibratora. Wysokość masztu ustalono zatem kompromisowo na 1,2 m, aby przeciętnego wzrostu człowiek mógł z ziemi wykonywać wszystkie ww. czynności strojeniuowe.

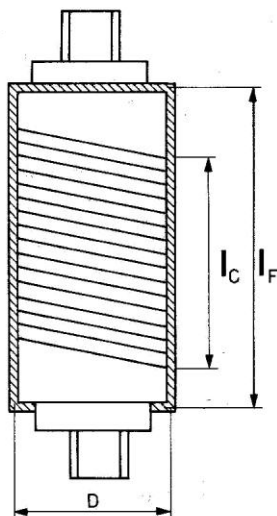
Maszt wsporczy, który jest przymocowany do zderzaka poprzez uchwyt izolacyjny, wykonano z grubościennej rurki stalowej o średnicy 12 mm. W uchwycie izolacyjnym zamontowano gniazdo UC-1, którego żyła „gorąca” poprzez tulejkę łączy się z masztem. Masę gniazda, poprzez zderzak połączono galwanicznie z karoserią samochodu. Antena jest podłączona do transceivera poprzez skrzynkę z przełączanymi kondensatorami (wartości podano w tablicy 4). Kondensatory są włączane szeregowo w żyłę „gorącą” kabla zasilającego. Górny koniec masztu nagwintowano w celu wkręcania cewek wymiennych. Wykonano je z rurek winidurowych o średnicach 20 i 40 mm, które nagwintowano, aby ułatwić nawinięcie drutu. Odstęp między zwojami równy jest grubości drutu. Oba końce rurki zakończono korkami mosiężnymi, do których przyłutowano początek i koniec cewki (rys. 40). Korki zostały wklejone do rurek, a cała cewka obkurczona koszulką termokurczliwą. Powyżej cewki przykręcono za pomocą złączki do instalacji sprężonego powietrza rurkę miedzianą o średnicy 6/3 mm i długości 30 cm, w którą będzie wsuwany ruchomy promiennik. Na końcu rurki znajduje się zacisk, podobny do „futerka” wiertarki, który umożliwi zablokowanie promiennika na dowolnej

DANE KONDENSATORÓW I CEWEK W MOBILOWEJ ANTENIE KF

Tablica 4

Pasma [MHz]	D [mm]	I_F [mm]	Drut DNE...	Zwoje n	I_C [mm]	L [μH]	r_R [Ω]	r [Ω]	C [pF]
29,0	20	75	1,2	9	28	0,9	35	48	18
24,9	20	88	1,2	15	43	1,7	29	48	27
21,2	20	113	1,2	23	65	3,0	22	47	37
18,1	20	145	1,2	34	93	4,5	17	43	74
14,2	20	138	0,9	45	90	8,4	11	34	150
10,1	40	113	0,9	31	65	19,0	6	26	300
7,0	40	163	0,9	58	115	41,0	3	20	544
3,7	40	300	0,9	160	250	153,0	0,8	21	1000
1,9	40	275	0,4	294	230	558,0	0,2	37	1000

- D — średnica zewnętrzna karkasu cewki,
 I_F — długość karkasu,
 I_C — długość nawinięcia,
 L — indukcyjność cewki,
 r — impedancja zasilania,
 r_R — rezystancja promieniowania,
 C — pojemność kondensatora szeregowego.



Rys. 40. Sposób wykonania cewek

I_C — długość nawinięcia, I_F — długość karkasu, D — średnica karkasu

wysokości. Promiennik wykonano z drutu stalowego, hartowanego, o średnicy 2,8 mm i długości 1 m.

Całą antenę, z wyjątkiem promiennika, pomalowano czarną farbą wodoodporną. Strojenie anteny polega na dobraniu na poszczególnych pasmach takiej długości promiennika, aby WFS był najmniejszy. Etapy strojenia:

- wymiana cewki dla danego zakresu,
- przełączenie skrzynki kondensatorowej na dany zakres,
- połączenie anteny z transceiverem poprzez reflektometr i skrzynkę kondensatorową,
- wysunięcie pręta wibratora na maksymalną długość,
- wsuwanie wibratora, do momentu gdy WFS osiągnie minimalną wartość fali odbitej.

Wymienione operacje należy powtórzyć na wszystkich pasmach. W celu ułatwienia następnych strojeń najlepiej jest wykonać tabelkę z wartościami długości promiennika dla poszczególnych pasm. W zakresach 14—28 MHz wystarczy zestroić antenę na środek pasma. Na niższych pasmach, ze względu na małą szerokopasmowość, należy korygować długość wibratora, zmieniając częstotliwość w granicach danego pasma. **Przesuwanie wibratora należy wykonywać przy wyłączonym nadajniku!**

Cała operacja wymiany cewek i strojenia nie trwa dłużej niż 2 minuty. Wymiana cewek jest trochę kłopotliwa, ale konieczna, jeżeli chcemy, aby antena pracowała skutecznie w rezonansie.

Na zakończenie należy sobie uświadomić, że krótka antena samochodowa nigdy nie będzie pracowała tak skutecznie, jak dipol półfalowy zawieszony na wysokości $\lambda/2$. Tylko w przypadku pasma 28 MHz antenę można porównać z ćwierćfalowym GP.

Wskazania S-metra będą średnio niższe o ok. 2—3 S, niż w przypadku długich, drutowych anten stacjonarnych.

Jak już wspomniano, antenę można stosować jako stacjonarną, po przykręceniu jej np. do balustrady balkonu. Nieoceniona jest podczas wyjazdów wakacyjnych, pod namiotem, gdyż jest gotowa do pracy od razu po przyjeździe na miejsce.

3.3. ANTENY KIERUNKOWE JEDNO- I WIELOPASMOWE

Chcąc uzyskać większy zysk energetyczny anteny w pasmie KF należy zastosować wieloelementowe anteny Yagi. Zasadę działania anten Yagi, poprzez analogię do zjawisk optyki, przedstawiono w rozdziale 2. W przeciwieństwie do anten dookólnych, w których fala elektromagnetyczna rozchodzi się z jednakowym natężeniem we wszystkich kierunkach, w antenach typu Yagi następuje zwrócenie głównej wiązki fali w jednym, określonym kierunku. Wadą anten kierunkowych jest to, że nie słychać stacji, które nadają „z boku”.

Ogólnie rzecz biorąc, kąt promieniowania anteny yagi jest tym mniejszy, im więcej ma elementów. Intuicyjnie wyczuwa się, że zmniejszenie kąta promieniowania powoduje zwiększenie zysku anteny, a co za tym idzie, jej zasięgu. Zysk ten można porównać ze zjawiskiem hydraulicznym.

Woda wypływająca z węża ma największy zasięg, gdy ustnik węża jest okrągły, a jego średnica mniejsza od średnicy węża. Jeżeli zostanie założony ustnik w kształcie długiej, wąskiej szczeliny, to woda będzie wypływać pod większym kątem, zraszając większy obszar ogródka, lecz nie będziemy już w stanie podlać krzewów pod płotem, gdyż energia wypływającej wody rozproszy się. Podobnie można sobie wyobrazić zysk kierunkowy anten typu yagi.

Najprostszą anteną kierunkową Yagi jest układ składający się z elementu czynnego — wibratora, direktora i reflektora. Zysk energetyczny takiej trójelementowej anteny kierunkowej, beama (*beam* — kierunek — ang.) wynosi ok. 6 dB w stosunku do pojedynczego dipola półfalowego. Antena dwuelementowa może być już uważana za kierunkową w układzie: wibrator—reflektor lub wibrator—direktor.

Kierunkowa antena Yagi na pasma KF jest wykonywana głównie z rurek aluminiowych. Antena taka jest kłopotliwa do wykonania, ze względu na swoje duże wymiary oraz sposób jej zamontowania i obracania. Amatorzy w większości przypadków przestają na pełnowymiarowych antenach na pasmo 14 MHz i wyższe. Antena taka ma rozpiętość ok. 10 m i ze względu na napór wiatru musi mieć mocną konstrukcję. W celu zmniejszenia ciężaru anteny stosuje się powszechnie stopniowanie średnic rurek elementów.

Wykonywane są również wielopasmowe anteny Yagi. Istnieją dwie metody wykonywania takich anten:

— dwie lub trzy anteny na różne pasma na jednym nośniku,

— jedna antena na trzy pasma z trapami skracającymi elementy na poszczególnych pasmach.

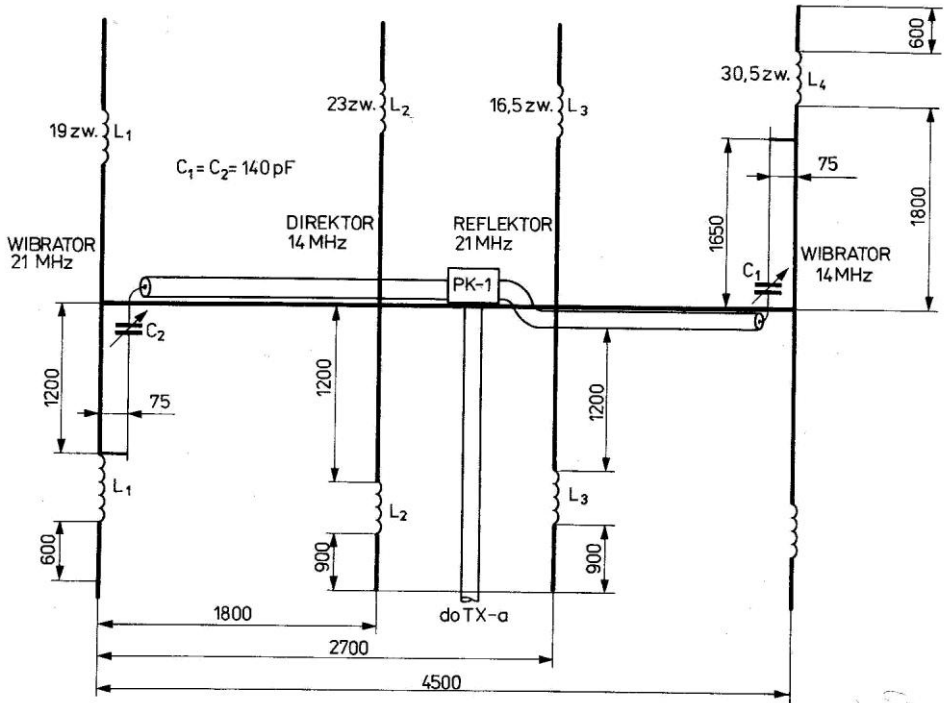
Anteny dopasowuje się do linii zasilającej najczęściej stosując transformator gamma.

3.3.1. Czteroelementowy beam na pasma 14 i 21 MHz

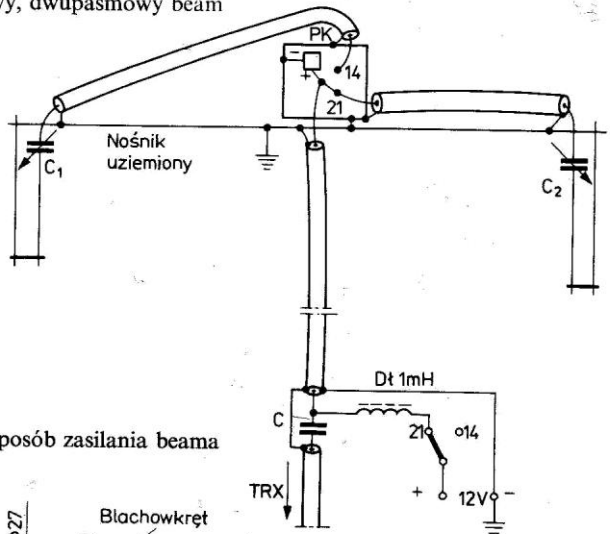
W celu zmniejszenia rozpiętości anteny do 5 metrów zastosowano we wszystkich elementach anteny cewki wydłużające. Zmniejszenie wymiarów geometrycznych można uzyskać, poza zastosowaniem cewek, poprzez zastosowanie pojemności na końcach elementów. Anteny skrócone mają mniejszy zysk energetyczny, od swoich pełnowymiarowych wersji, lecz ich podstawowymi zaletami są: mniejsza waga i wymiary, a co za tym idzie większa odporność na silny wiatr. Nie jest prawdą, że zmniejszenie wymiarów o połowę powoduje proporcjonalne zmniejszenie zysku energetycznego. Zależność ta nie jest funkcją liniową. Skrócenie elementu cewką w antenie powoduje zmniejszenie zysku o ok. 25%.

Jako przykład można podać antenę $5/8 \lambda$, której zysk wynosi ok. 3,5 dBd. Jak wiadomo, antena ta jest skróconym, poprzez cewkę, promiennikiem $3/4 \lambda$, którego zysk wynosi ok. 4,0 dBd! Różnica zysków wynosi zatem — 12,5%, przy skróceniu cewką — 20%!

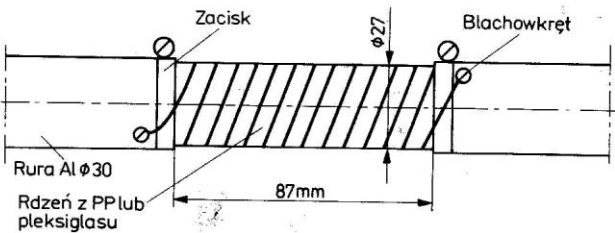
Na rysunku 41 przedstawiono wymiary anteny [13], liczbę zwojów cewek wydłużających oraz sposób dopasowania do linii. Dla każdego z pasm: 14 i 21 MHz aktywne są po dwa elementy, co daje zysk energetyczny ok. 4 dB. Dopasowanie dipoli prostych do impedancji 50Ω uzyskuje się za pomocą transformatorów gamma. W pasmie 14 MHz poza wibratorem zastosowano direktor, w pasmie 21 MHz — reflektor. Ze względu na niezależność obu anten, każda z nich jest zasilana oddzielnym kablem lub poprzez skrzynkę przekaźnikową (rys. 42). Elementy anteny oraz nośnik wykonano z rury aluminiowej PA6 o średnicy 30 mm. Cewki wydłużające nawinięto na pręcie poliamidowym o średnicy 27 mm. Sposób połączenia cewki z dwoma kawałkami rurki elementu pokazano na rysunku 43. Po nawinięciu i zaklejeniu, cewka została włożona do rurek i ściśnięta zaciskami, po obu stronach. Końce nawiniętych cewek przymocowano do rurek blachowkrętami. Wszystkie cewki nawinięto drutem DNE 1,6; równomiernie na całej długości karkasu. Po nawinięciu, cewki zabezpieczono żywicą epoksydową, a następnie koszulką termokurczliwą. Elementy anteny przymocowano do nośnika za pomocą dwóch uchwytów w kształcie litery „U” oraz kawałka blachy wygiętej stosownie do średnicy rury. Całą antenę połączono z masztem za pomocą kwadratowej płyty aluminiowej o wymiarach $200 \times 200 \times 6$ mm, do której przymocowano uchwyty do masztu i boomu, prostopadle i po obu stronach płyty. Rozwiązanie takie zwiększa stabilność zamocowania anteny, ze względu na powiększenie punktu jej podparcia.



Rys. 41. Czteroelementowy, dwupasmowy beam



Rys. 42. Sposób zasilania beama



Rys. 43. Sposób nawinięcia i połączenia cewek

Na płycie zamocowano również hermetyczną skrzynkę z przełącznikiem. Do przełączania nie jest potrzebny dodatkowy kabel, gdyż napięcie stałe do przełącznika jest podawane kablem koncentrycznym (rys. 42). W związku z tym, że antenę stroi się transformatorem gamma, wystarczy jedynie przy radiostacji zastosować kondensator (po stronie nadajnika) oraz dławik po stronie zasilania i przełączania przełącznika.

Antenę stroi się dla każdego pasma oddzielnie, umieszczając ją na tej wysokości, na której będzie pracowała. Podajemy sygnał z nadajnika o częstotliwości 14 050 kHz, przez reflektometr do anteny. Obserwując wychylenia miernika, kręcimy kondensatorem C_1 tak długo, aż uzyskamy minimum WFS. Poza kondensatorem możemy stroić antenę również położeniem zwory na transformatorze gamma. Podobnie postępujemy dla pasma 15-metrowego, podając sygnał o częstotliwości 21 050 MHz. Częstotliwość rezonansową anteny można zmienić, zmieniając długości elementów. Antena pracuje dość wąskopasmowo. WFS zmienia się od 1:1 do 1:2, przy zmianie częstotliwości ± 50 kHz od częstotliwości rezonansowej. Beam może współpracować z nadajnikiem o mocy 1 kW. Tłumienie tył przód wynosi:

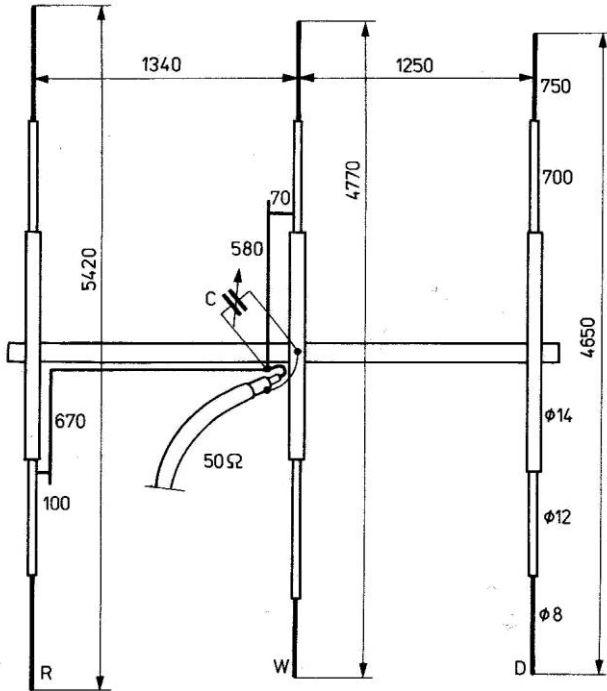
dla 14 MHz — 10 dB

dla 21 MHz — 15 dB

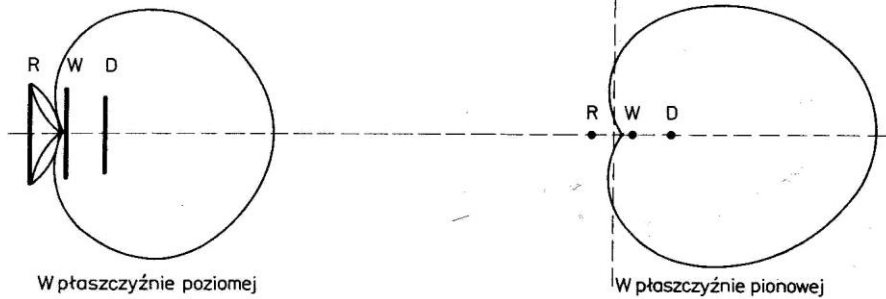
W czasie przeprowadzania prób łączności, różnica w odbiorze dalekich stacji względem dipola półfalowego była zaskakująca. Stacje odbierane na dipolu na poziomie szumów można było odbierać na beamie bez słuchawek, na głośnik. Otrzymywane raporty były o 2 S większe. Antena, ze względu na swoją prostotę oraz niską materiałochłonność jest polecana do wykonania dla początkujących krótkofalowców-konstruktorów.

3.3.2. Trzyelementowy beam na 28 MHz

Konstrukcja i zasada działania trzyelementowej anteny kierunkowej na 28 MHz jest oparta na popularnej antenie HB9CV [1], do której dodano direktor, przez co uzyskano zysk kierunkowy ok. 6,5 dBd (rys. 44). Wibrator i reflektor są wzbudzane linią fazującą, przez dwa transformatory gamma, dołączone do punktów, w których impedancja anteny równa jest impedancji linii zasilającej 50 Ω . Dzięki temu w przewodzie powstaje tylko faza bieżąca. Odległość pomiędzy wibratorem a reflektorem wynosi $\lambda/8$, co powoduje lepsze promieniowanie jednostronne. Linia fazująca została wykonana z przewodu jednożyłowego w izolacji PCW, o średnicy 2 mm i poprowadzona w odległości 20 mm od nośnika. Charakterystykę promieniowania anteny w obu płaszczyznach przedstawiono na rysunku 45. Wibrator, reflektor i direktor wykonano z rurek aluminiowych o średnicach: 8, 12, 14 mm, a nośnik z rury \varnothing 30 mm. Elementy, w celu usztywnienia konstrukcji należy podwiesić żyłką nylonową.



Rys. 44. Trzejelementowy beam na 28 MHz



Rys. 45. Charakterystyka promieniowania beama

3.3.3. Beam na 7 MHz

Pełnowymiarowa antena Yagi na pasmo 7 MHz ma rozpiętość ok. 20 m i długość 11 m. Wykonanie i instalacja tak wielkiej anteny nie jest praktycznie możliwa w warunkach amatorskich. W związku z tym najbardziej optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie cewek wydłużających, powodujących fizyczne skrócenie elementów (rys. 46) [13]. Poza zmniejszeniem wymiarów, zmniejsza się również ciężar, a antena staje się bardziej odporna na wiatr. Jednocześnie zachowane są dobre parametry kierunkowości i zysku energetycznego.

Na płycie zamocowano również hermetyczną skrzynkę z przełącznikiem. Do przełączania nie jest potrzebny dodatkowy kabel, gdyż napięcie stałe do przełącznika jest podawane kablem koncentrycznym (rys. 42). W związku z tym, że antenę stroi się transformatorem gamma, wystarczy jedynie przy radiostacji zastosować kondensator (po stronie nadajnika) oraz dławik po stronie zasilania i przełączania przełącznika.

Antenę stroi się dla każdego pasma oddzielnie, umieszczając ją na tej wysokości, na której będzie pracowała. Podajemy sygnał z nadajnika o częstotliwości 14 050 kHz, przez reflektometr do anteny. Obserwując wychylenia miernika, kręcimy kondensatorem C_1 tak długo, aż uzyskamy minimum WFS. Poza kondensatorem możemy stroić antenę również położeniem zwory na transformatorze gamma. Podobnie postępujemy dla pasma 15-metrowego, podając sygnał o częstotliwości 21 050 MHz. Częstotliwość rezonansową anteny można zmienić, zmieniając długości elementów. Antena pracuje dość wąskopasmowo. WFS zmienia się od 1:1 do 1:2, przy zmianie częstotliwości ± 50 kHz od częstotliwości rezonansowej. Beam może współpracować z nadajnikiem o mocy 1 kW. Tłumienie tył przód wynosi:

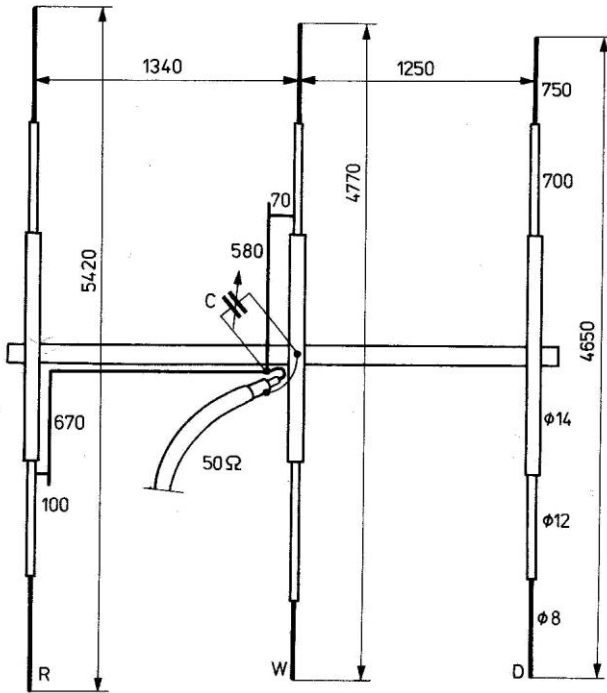
dla 14 MHz — 10 dB

dla 21 MHz — 15 dB

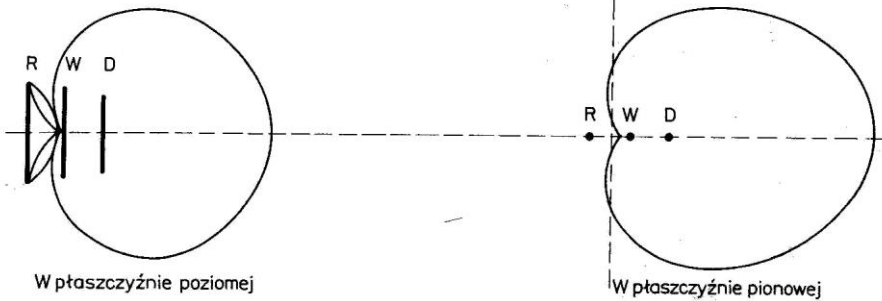
W czasie przeprowadzania prób łączności, różnica w odbiorze dalekich stacji względem dipola półfalowego była zaskakująca. Stacje odbierane na dipolu na poziomie szumów można było odbierać na beamie bez słuchawek, na głośnik. Otrzymywane raporty były o 2 S większe. Antena, ze względu na swoją prostotę oraz niską materiałochłonność jest polecana do wykonania dla początkujących krótkofalowców-konstruktorów.

3.3.2. Trzelementowy beam na 28 MHz

Konstrukcja i zasada działania trzelementowej anteny kierunkowej na 28 MHz jest oparta na popularnej antenie HB9CV [1], do której dodano direktor, przez co uzyskano zysk kierunkowy ok. 6,5 dBd (rys. 44). Wibrator i reflektor są wzbudzane linią fazującą, przez dwa transformatory gamma, dołączone do punktów, w których impedancja anteny równa jest impedancji linii zasilającej 50 Ω . Dzięki temu w przewodzie powstaje tylko faza bieżąca. Odległość pomiędzy wibratorem a reflektorem wynosi $\lambda/8$, co powoduje lepsze promieniowanie jednostronne. Linia fazująca została wykonana z przewodu jednożyłowego w izolacji PCW, o średnicy 2 mm i poprowadzona w odległości 20 mm od nośnika. Charakterystykę promieniowania anteny w obu płaszczyznach przedstawiono na rysunku 45. Wibrator, reflektor i direktor wykonano z rurek aluminiowych o średnicach: 8, 12, 14 mm, a nośnik z rury \varnothing 30 mm. Elementy, w celu usztywnienia konstrukcji należy podwiesić żyłką nylonową.



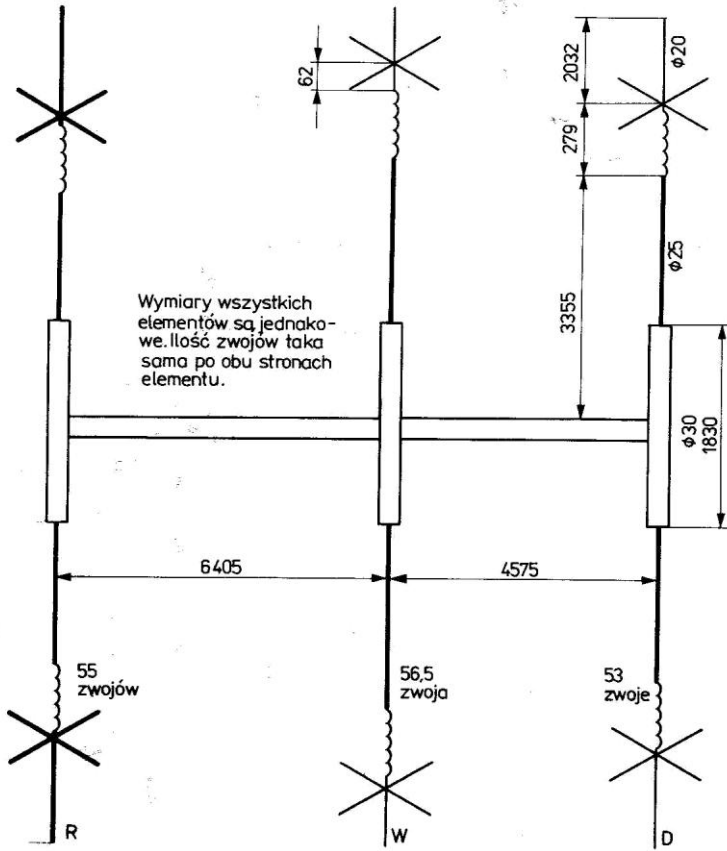
Rys. 44. Trzejelementowy beam na 28 MHz



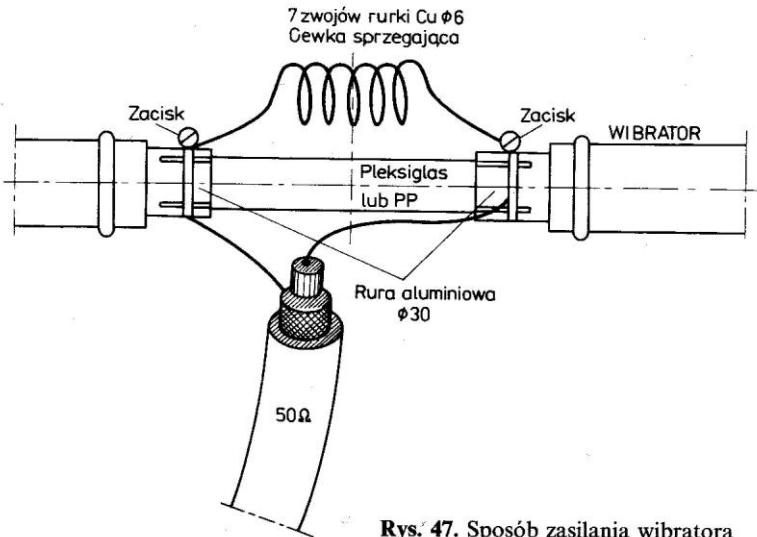
Rys. 45. Charakterystyka promieniowania beama

3.3.3. Beam na 7 MHz

Pełnowymiarowa antena Yagi na pasmo 7 MHz ma rozpiętość ok. 20 m i długość 11 m. Wykonanie i instalacja tak wielkiej anteny nie jest praktycznie możliwa w warunkach amatorskich. W związku z tym najbardziej optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie cewek wydłużających, powodujących fizyczne skrócenie elementów (rys. 46) [13]. Poza zmniejszeniem wymiarów, zmniejsza się również ciężar, a antena staje się bardziej odporna na wiatr. Jednocześnie zachowane są dobre parametry kierunkowości i zysku energetycznego.



Rys. 46. Trzyelementowy beam na 7 MHz



Rys. 47. Sposób zasilania wibratora

Zmniejszenie długości elementów w przedstawionej antenie uzyskano przez zastosowanie skupionej indukcyjności i pojemności, na każdym z trzech elementów, symetrycznie po obu stronach.

Antenę wykonano z rur aluminiowych. Każdy element ma jednakową długość. Direktor i reflektor są zamocowane w środku długości i połączone galwanicznie z nośnikiem. Obie połówki wibratora połączono w środku wałkiem poliamidowym oraz cewką sprzęgającą, wykonaną z rurki miedzianej o średnicy 6 mm — 7 zwojów. Średnica wewnętrzna cewki 62 mm, długość nawinięcia ok. 100 mm (rys. 47). Na obie połówki początków wibratora naciągnięto kawałki węża z PCW w celu odizolowania go od kątownika, za pomocą, którego element czynny przymocowano do nośnika.

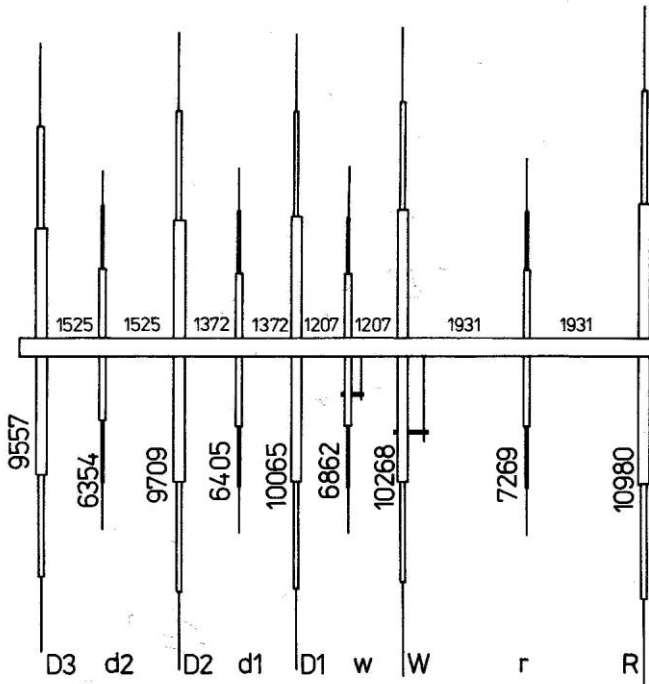
Cewki wydłużające nawinięto na karkasy poliamidowe lub pleksi-glasowe, o średnicy zewnętrznej 28 mm i długości ok. 40 cm. Karkasy cewek wciśnięto do rur aluminiowych i obustronnie zaciśnięto zaciskami skręcanyymi. Wszystkie cewki nawinięto posrebrzonym drutem miedzianym o średnicy 1,5 mm, a liczbę zwojów podano na rysunku 46. Pojemność krzyżakową wykonano z dwóch rurek o średnicy 12 mm i długości 90 cm każda i umieszczono je na reflektorze i direktorze, bezpośrednio za cewkami wydłużającymi. W wibratorze pojemność ta została zamocowana 50 mm od cewki, z możliwością przesuwania jej po rurce, podczas strojenia anteny. Nośnik wykonano z trzech kawałków rury aluminiowej o średnicy 60 mm, łącząc je poprzez wciśnięcie do środka, odcinków grubościennej rury o średnicy zewnętrznej, równej wewnętrznej średnicy nośnika (boomu). Dodatkowo w celu zabezpieczenia przed wysunięciem, należy przewiercić na wylot obie, połączone końcówki rur nośnika i skręcić je śrubami M8/70.

Strojenie anteny polega na przesuwaniu pojemności krzyżakowej po rurce wibratora, za cewką wydłużającą. Przesuwając krzyżaki ku końcowi wibratora zwiększa się częstotliwość rezonansową, a reaktancja pojemnościowa niweluje reaktancję indukcyjną cewki sprzęgającej oba elementy wibratora. Dodatkowo, strojenie można przeprowadzić ściskając lub rozciągając cewkę sprzęgającą, tak aby WFS był najmniejszy na częstotliwości 7050 kHz.

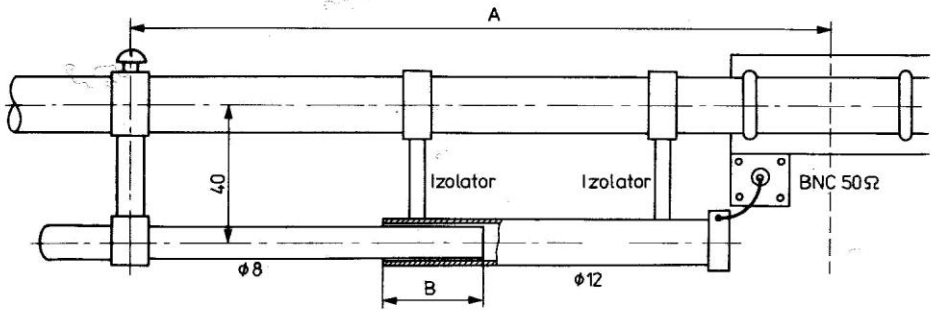
Antenę należy stroić na docelowym maszcie, o wysokości nie mniejszej niż 20 m. Należy również wykonać pomiar natężenia pola z przodu i tyłu anteny, korygując nieznacznie odległość wibratora od reflektora. W poprawnie zestrojonej antenie F/B powinien wynosić 25—30 dB.

3.3.4. Beam na pasma 14 i 21 MHz

Przedstawiona antena Yagi na pasma 14 i 21 MHz (rys. 48) z teoretycznego punktu widzenia składa się z dwóch anten [13], umieszczonych na jednym nośniku. W związku z tym, zasilana jest dwoma przewodami koncentrycznymi lub jednym, po zastosowaniu skrzynki przekąźnikowej. Sposób zasilania

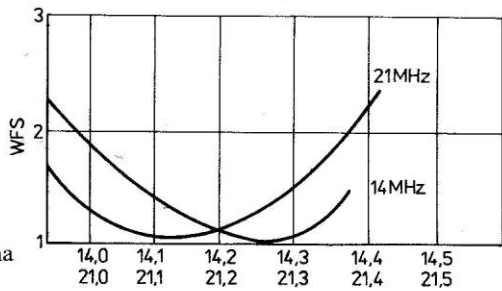


Rys. 48. Dwupasmowy beam na 14 i 21 MHz
(małe litery — 21 MHz, wielkie litery — 14 MHz)



	14 MHz	21 MHz
A	1041 mm	914 mm
B	178 mm	127 mm

Rys. 49. Transformator gamma



jednym przewodem koncentrycznym, który jednocześnie dostarcza napięcie stałe do przekaźnika przedstawiono w 3.3.1 (rys. 42). Podstawową zasadą wykonywania anten wielopasmowych na jednym nośniku jest to, aby częstotliwości rezonansowe poszczególnych anten nie były całkowitymi częstotliwościami harmonicznymi. Pary częstotliwości 14 i 21 MHz oraz 21 i 28 MHz spełniają ten wymóg, natomiast w antenie na pasma 14 i 28 MHz (2-harmoniczna) powstaje problem wyeliminowania wzajemnego oddziaływania na siebie elementów obu pasm. Przedstawiona antena ma dwa elementy czynne w postaci wibratorów, zasilanych transformatorami gamma, oddzielnie na każde pasmo. W pasmie 14 MHz wraz z wibratorem pracuje 5 elementów, a w pasmie 21 MHz 4 elementy. W związku z tym cała, dwupasmowa antena składa się z 9-elementów, umieszczonych na nośniku z rury aluminiowej o średnicy 75 mm i długości 12 m. Wymiary elementów i średnice poszczególnych rurek przedstawiono na rysunku 48. Środkowa sekcja elementów na pasmo 14 MHz została wykonana z rury aluminiowej o średnicy 30 mm, a na pasmo 21 MHz o średnicy 28 mm. Wygląd i wymiary transformatorów gamma przedstawiono na rysunku 49. Zamiast kondensatora strojeniowego zastosowano sprzężenie pojemnościowe dwóch rurek, umieszczonych centrycznie jedna w drugiej. Wsuwając jedną rurkę w drugą zwiększa się pojemność w transformatorze gamma.

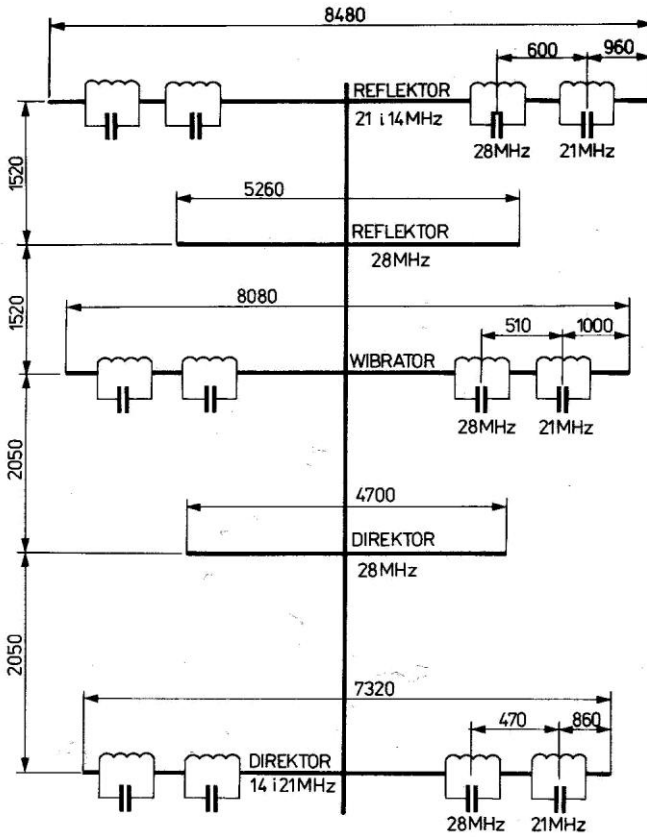
Strojenie anteny wykonuje się oddzielnie dla każdego pasma poprzez przesuwanie zwory transformatora gamma po rurze wibratora oraz przez zmianę pojemności (wsuwanie i wysuwanie rurki transformatora). Strojenie jest zakończone wówczas, gdy uzyska się minimum WFS w obu pasmach na częstotliwościach 14 150 kHz i 21 200 kHz. Antena ma dość dużą rozpiętość, w związku z czym elementy należy podwiesić żyłką nylonową. Zysk energetyczny anten w pasmach wynosi:

- 14 MHz — 8,2 dBd
- 21 MHz — 7,1 dBd

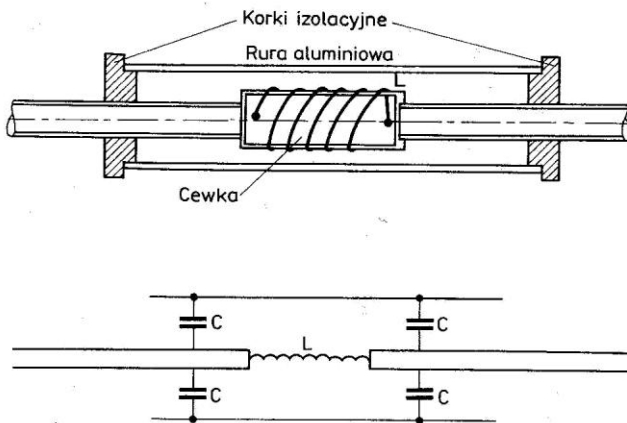
Do obracania anteny należy zastosować ciężką obrotnicę KF wraz z hamulcem.

3.3.5. Trzypasmowa antena W3DZZ

W opisanej poniżej antenie W3DZZ (rys. 50) te same elementy (reflektor, wibrator, direktor) są wykorzystywane do pracy na jednym z trzech pasm [15]. Uzyskuje się to, tak jak w drutowej, jednodipolowej antenie W3DZZ, poprzez zastosowanie równoległych obwodów rezonansowych — trapów. Trapy powodują elektryczne „odcinanie” pozostałej długości elementu, gdy do anteny doprowadzone jest napięcie w.cz., o częstotliwości rezonansowej trapu. Rozkład prądu w antenie na poszczególnych pasmach przedstawiono w 3.1.5. W związku z tym, że w pasmie 28 MHz odległości międzyelementowe są za duże, zastosowano dodatkowe elementy bierne (reflektor i direktor), umiesz-



Rys. 50. Trzypasmowy beam (W3DZZ)



Rys. 51. Sposób wykonania trapów

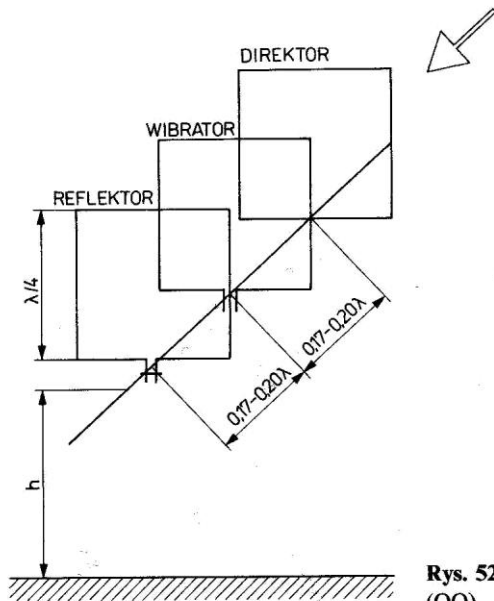
czone bliżej wibratora. Trapy w poszczególnych elementach są jednakowe dla danego pasma. Cewki trapów nawinięto na rurkach poliamidowych, o średnicy zewnętrznej 62 mm, wewnątrz których znajdują się kondensatory o pojemności 25—29 pF. Cewka trapu 28 MHz została nawinięta srebrzonym drutem miedzianym o średnicy 4 mm — 5 zwojów. Cewkę trapu 21 MHz nawinięto takim samym drutem — 7 zwojów. Jako pojemność trapu można zastosować tradycyjny kondensator lub pojemności rur, umieszczonych centrycznie jedna w drugiej. Jest to rozwiązanie eleganckie lecz trudniejsze w realizacji (rys. 51). Trapy zestrojono przy pomocy falomierza — generatora, na częstotliwości: 20,2 i 28 MHz. Zastosowanie trapów powoduje dodatkowo zmniejszenie wymiarów anteny, gdyż cewki obwodów rezonansowych skracają fizyczną długość elementów.

Ze względu na niską impedancję anteny we wszystkich pasmach można ją zasilać jednym kablem koncentrycznym, połączonym bezpośrednio do końców wibratora.

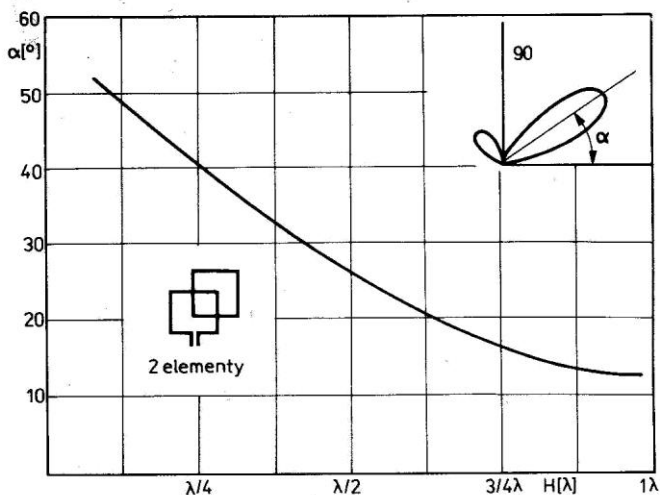
Skonstruowanie we własnym zakresie anteny kierunkowej jest zadaniem dość trudnym, ze względu na duże wymiary. Zastosowanie dużej liczby wielorakich elementów (rur, izolatorów itp.), o różnych wymiarach nastęrcza dodatkowych problemów. Ponadto samo strojenie anteny jest operacją dość skomplikowaną, gdy stoi się na kilku lub kilkunastometrowym maszcie, z narzędziami i przyrządami pomiarowymi. Jednak uzyskiwane potwierdzenia dalekich łączności i rzadkich krajów rekompensują trudy poniesione na wykonanie kierunkowej anteny KF.

3.4. ANTENY PĘTLOWE

Do najbardziej popularnych anten pętlowych należą przede wszystkim anteny typu Qubical Quad (rys. 52), które są uważane również za najlepsze anteny DX na wyższe pasma amatorskie. Płaszczyzna promieniowania anteny zależy od miejsca zasilania pętli. Przy zasilaniu od dołu uzyskuje się polaryzację poziomą. Przy bocznym zasilaniu polaryzacja jest pionowa. Wynika to z rozkładu prądu i napięcia w.cz. w antenie. Kąt promieniowania anteny Quad, w płaszczyźnie poziomej, jest niewielki i zależy od wysokości zainstalowania nad ziemią (rys. 53) [1]. Optymalna wysokość to $5/8 \lambda$. W związku z niskim kątem promieniowania, na efektywność anteny będą miały wpływ przeszkody terenowe (budynki, wzgórza, itp.), znajdujące się w promieniu do 1 km. Zysk energetyczny Qubical Quad jest o ok. 2—3 dB większy od anteny Yagi, o tej samej liczbie elementów. Trzelementowa antena Yagi odpowiada zyskiem dwuelementowej antenie QQ (6 dBd), a przy tym jest dwukrotnie dłuższa! Tłumienie tył—przód QQ wynosi ok. 25 dB. Odstęp pomiędzy reflektorem a wibratorem—pętlą zasilającą wynosi od 0,15 do 0,20 λ . Dwuelementowy Quad ma impedancje ok. 65—75 Ω , przez co można go zasilać typowym,



Rys. 52. Antena Qubical Quad (QQ)



Rys. 53. Zależność kąta promieniowania anteny Qubical Quad od wysokości nad ziemią

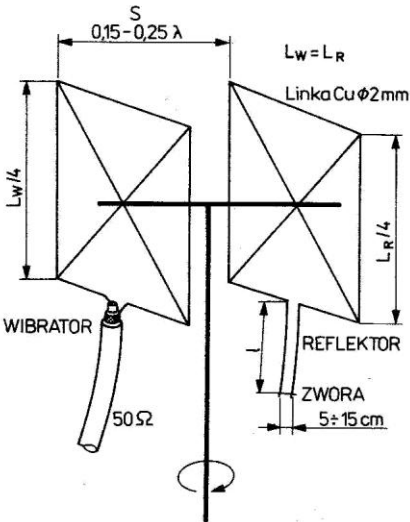
niskoomowym kablem koncentrycznym. Aby obliczyć obwody poszczególnych pętli należy skorzystać z poniższych wzorów:

$$L_R = 309/f \quad L_W = 301/f \quad L_D = 293/f$$

L_R, L_W, L_D — długości reflektora, wibratora i direktora [m],
 f — częstotliwość rezonansowa pracy anteny [MHz].

3.4.1. Dwuelementowa antena Qubical Quad

Na rysunku 54 przedstawiono dwuelementową, najprostszą, wersję jednopasmowej anteny QQ wraz z wymiarami na każde z trzech najwyższych pasm amatorskich [5]. Pętla reflektora jest dostrajana za pomocą odcinka linii symetrycznej. Sama pętla jest wykonana najczęściej z linki miedzianej, rozpiętej na krzyżaku z bambusa lub włókna szklanego. Pętla wibratora jest zasilana kablem koncentrycznym.

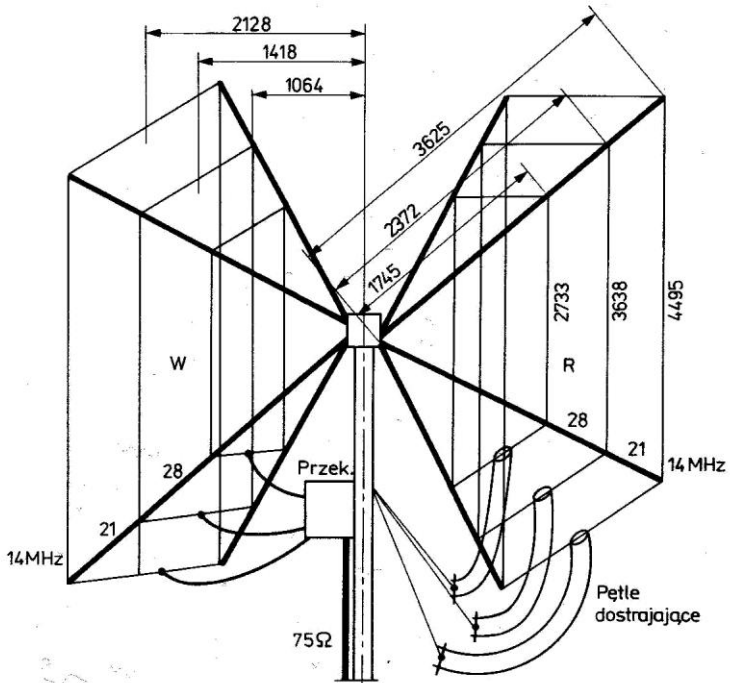


Pasma	14	21	28
L_w [m]	5,35	3,55	2,65
S [m]	4,25	2,83	2,20
l [m]	1,5	1,0	0,7

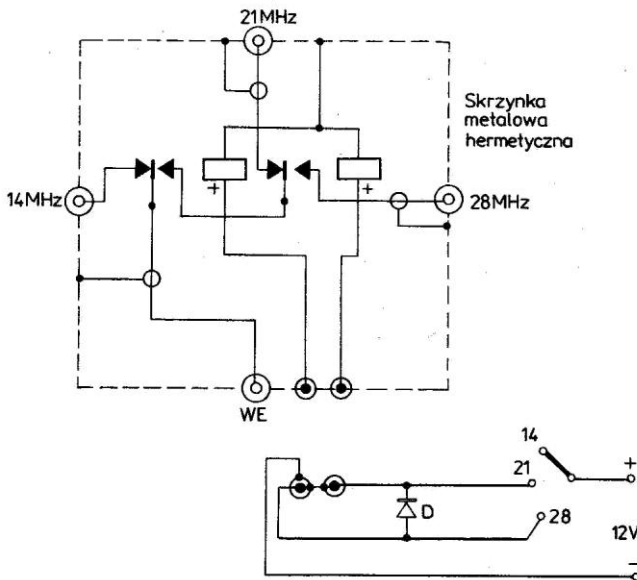
Rys. 54. Dwuelementowa antena Qubical Quad

3.4.2. Trzypasmowy, dwuelementowy Qubical Quad

Możliwe jest wykonanie trzypasmowej anteny QQ na jednym nośniku. Pętle na poszczególne pasma umieszczone są centrycznie, jedna w drugiej. W związku z tym, że odstęp pomiędzy wibratorem a reflektorem wynosi $0,25 \lambda$, pętle na poszczególne pasma nie mogą się znajdować w jednej płaszczyźnie, na prostym krzyżaku. Cztery tyczki podtrzymujące pętle pochylone zostały o ok. 20 stopni na zewnątrz [15]. Po rozwinięciu pętli z linki miedzianej o średnicy 2 mm, na pochylonych rozpórkach, powstają przestrzenne ostrosłupy, skierowane wierzchołkami do siebie (rys. 55). Każda pętla wibratora jest zasilana kablem koncentrycznym 75Ω , wprowadzającym niewielką asymetrię. Jeżeli zastosowana zostanie skrzynka przekaźnikowa, to całą antenę można zasilć pojedynczym kablem koncentrycznym (rys. 56) [13]. Pętle dostrajające, dołączone do reflektorów wykonane zostały z płaskiego kabla symetrycznego, o długościach odpowiednio: 0,90, 1,21, 1,81 metra, zwarte na końcach i podłączone do masztu żyłką nylonową. Strojenie anteny nie jest skomplikowane i polega na uzyska-



Rys. 55. Trzyelementowa antena QQ



Rys. 56. Przekąźnik antenowy

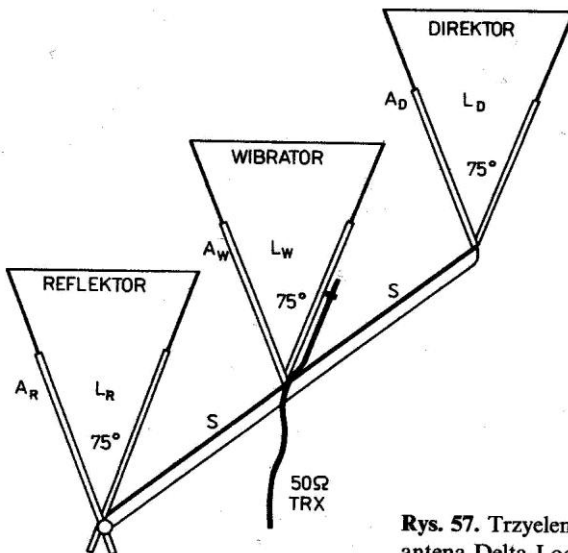
niu dwóch maksymalnych parametrów: zysku energetycznego G i tłumienia tył-przód F/B . Osiąga się to przez korekcję długości pętli reflektora, na minimum WFS oraz maksimum natężenia pola, w odległości 200—300 metrów od anteny. Tyczki podtrzymujące pętle zostały zamocowane w krzyżaku, wykonanym przez zespawanie ośmiu rurek stalowych. Kąt rurek w krzyżaku oraz miejsca zamocowania linek-pętli na tyczkach należy dobrać eksperymentalnie, aby zachowane były wymiary podane na rysunku 55.

Antena zajmuje dość znaczną objętość, przez co przy silnych wiatrach, powinna mieć mocną i zwartą konstrukcję.

3.4.3. Antena Delta-Loop

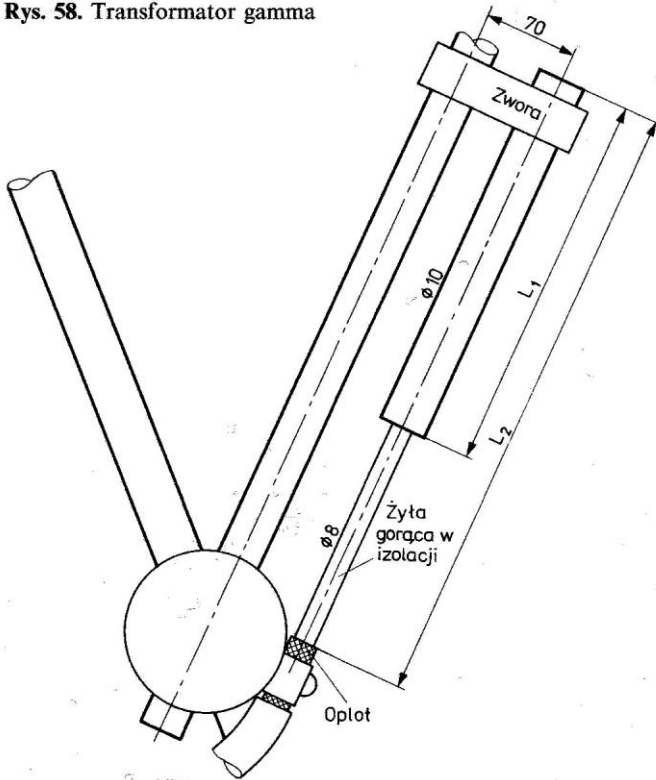
Antena Delta-Loop jest pętlową anteną, w której poszczególne elementy mają kształt odwróconych wierzchołkami trójkątów równoramiennych (rys. 57) [1]. Napięcie w.c.z. na wierzchołku wynosi zero, przez co mogą być one połączone z nośnikiem, separującym elementy anteny. Upraszcza to dodatkowo całą konstrukcję. Antena ma niewielką rozpiętość i mały kąt dolnego obrotu. Odległość między elementami w trzelementowej antenie Delta-Loop wynosi ok. $0,17-0,20 \lambda$. Nośnik wykonano z rury aluminiowej o średnicy 30—50 mm. Celem zamocowania elementów pionowych (boków trójkąta), w nośniku wywiercono poprzecznie dwa otwory o średnicy 20 mm, pod kątem ok. 75 stopni. Rurki do góry mają stopniowaną średnicę, aby zwiększyć smukłość.

Wierzchołki rurek połączone linką miedzianą o średnicy 2—3 mm. Zasilanie elementu czynnego poprzez transformator gamma. W transformatorze gamma zamiast zmiennego kondensatora zastosowano sprzężenie pojemno-



Rys. 57. Trzelementowa antena Delta-Loop (DL)

Rys. 58. Transformator gamma



ściowe kabla koncentrycznego. Oplot kabla zasilającego przymocowano do nośnika w miejscu połączenia z elementami trójkąta (rys. 58). Z powstałego końca usunięto oplot a izolowaną żyłę „gorącą” umieszczono w rurce, której średnica wewnętrzna odpowiada zewnętrznej średnicy izolacji żyły. Drugi koniec rurki przymocowano do elementu pionowego wibratora. Strojenie polega na wsuwaniu i wysuwaniu przewodu z rurki, przez co uzyskuje się zmianę pojemności w transformatorze gamma. Wymiary anten Delta-Loop oraz transformatorów na poszczególne pasma przedstawiono w tabelicy 5.

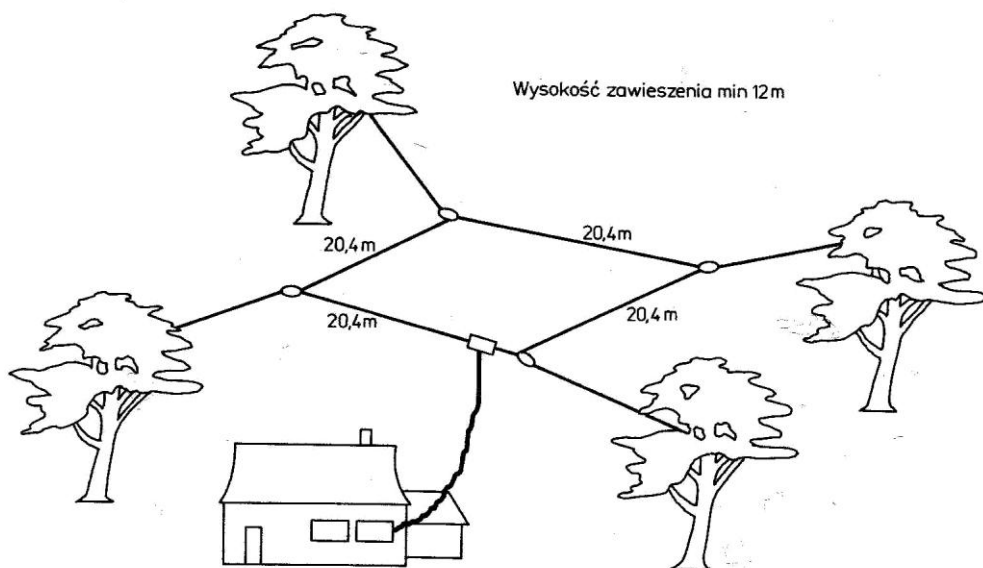
WYMIARY ANTEN DELTA-LOOP NA KF

Tablica 5

	14	21	28
L_R	22,2	14,8	11,0
L_W	21,7	14,5	10,8
L_D	21,0	14,0	10,4
S	3,75	2,74	1,98
A_R [m]	7,80	5,10	3,66
A_W	7,50	5,02	3,66
A_D	7,20	4,90	3,55
L_2	1,65	1,35	1,00
L_1	0,60	0,50	0,40

3.4.4. Wielopasmowa antena kwadrat

Proste rozwiązanie wielopasmowej anteny pętlowej przedstawiono na rysunku 59. Jest to antena o kształcie pętli zbliżonej do rombu lub kwadratu [13]. Wszystkie boki mają jednakową długość ok. 20,4 m. Zasada działania jest podobna do działania anten harmonicznych, gdyż długość pętli odpowiada wielokrotności długości pasm 80, 40, 20 i 10 metrów. Antena może mieć również kształt trójkąta (antena delta). W tej postaci bardzo rozpowszechniła się wśród polskich krótkofalowców. Niestety, jak każda antena wielopasmowa jest anteną kompromisową i nie należy się dziwić, gdy w pasmie 15 metrów WFS będzie się wahał w okolicy 1 : 3,0!



Rys. 59. Antena kwadrat

Antena została wykonana z linki miedzianej o średnicy 3 mm i zawieszona w czterech punktach poprzez izolatory i odciągi z linki nylonowej. Płaszczyzna pętli powinna być równoległa do powierzchni ziemi, na wysokości nie mniejszej niż 12 metrów. Antena jest zasilana kablem koncentrycznym 50-omowym (RG213). Lepsze parametry na poszczególnych pasmach można uzyskać stosując skrzynkę antenową. Autor przedstawionej anteny (WMHS) proponuje wykorzystać kabel zasilający, po zwarcu na dole przekąźnikiem żyły gorącej z ekranem, wraz z pojemnością pętli, jako pionową antenę na pasmo 1,8 MHz. Przy takim rozwiązaniu antena musi współpracować z uziemioną skrzynką antenową.

3.5. NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA ANTEN KF

W prasie zagranicznej pojawia się coraz więcej szczegółowych opisów nowoczesnych rozwiązań anten KF. Co ciekawe, rozwiązania te były już znane wiele lat temu, lecz ze względu na brak opracowań nie były wykorzystywane przez krótkofalowców. Drugą przyczyną braku zainteresowania były niejednokrotnie trudności konstrukcyjne z wykonaniem tych anten.

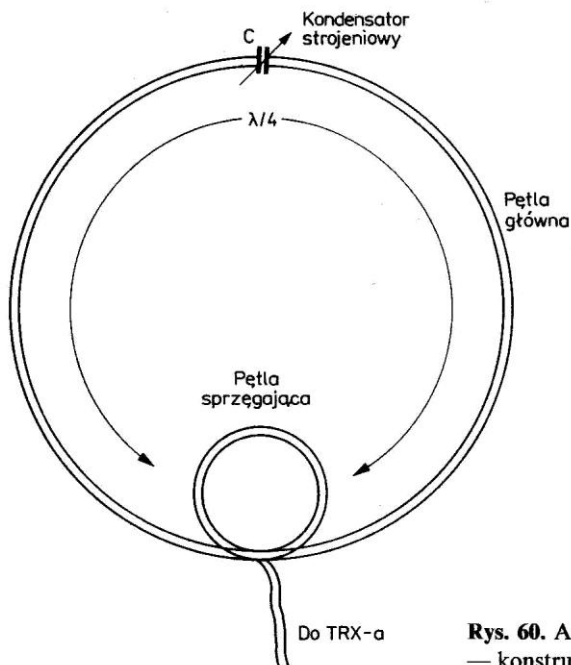
W następujących podrozdziałach zostaną przedstawione dwie grupy anten, obecnie bardzo popularnych za granicą, które charakteryzują się małymi wymiarami i dużą efektywnością. Są to:

- anteny magnetyczne,
- anteny logarytmiczno-periodyczne LPDA i LPY

3.5.1. Anteny magnetyczne

Anteny magnetyczne, ze względu na podobieństwo konstrukcyjne, mogą być zaliczane do anten pętlowych. Różnią się jednak zasadą działania.

Antenę magnetyczną stanowi okrągła pętla, o długości proporcjonalnej do długości emitowanej lub odbieranej fali, do której otwartych końców dołączono kondensator o zmiennej pojemności. Jest to niejako równoległy obwód rezonansowy, zasilany poprzez sprzężenie z drugą pętlą, o mniejszym wymiarze, podłączoną do nadajnika (rys. 60) [15].



Rys. 60. Antena magnetyczna
— konstrukcja

Okrągłe anteny pętlowe są bardziej efektywne od pętli kwadratowych, rombów, trójkątnych, itp. ze względu na ich większą rezystancję promieniowania. Rezystancja promieniowania jest proporcjonalna do powierzchni objętej pętlą, o określonej długości, a jak wiadomo z geometrii, tylko okrąg zakreśla największą powierzchnię. Dla przykładu pętla kwadratowa o długości 4 m (długość boku — 1 m) zakreśla powierzchnię 1 m². Pętla okrągła o długości 4 m (średnicy — 1,27 m) zakreśla powierzchnię... 1,27 m², czyli o ok. 27% większą. Dodatkową przyczyną przemawiającą za pętlą okrągłą są mniejsze straty, które powstają w miejscach łączenia poszczególnych segmentów w pętlach wielobocznych (trójkątnych, kwadratowych, itp.). Ośmiokątna pętla anteny magnetycznej ma podobną rezystancję promieniowania do pętli okrągłej, jednak 8 miejsc łączenia poszczególnych segmentów obniża jej efektywność. Antena magnetyczna uzyskuje maksimum efektywności przy długości pętli ok. $\lambda/4$. Ponadto przy takiej długości antena pracuje najbardziej szerokopasmowo, a napięcie na kondensatorze strojeniowym jest najmniejsze. Antena magnetyczna każdorazowo jest strojona do rezonansu. Napięcie występujące wówczas na okładkach kondensatora, przy mocy nadajnika ok. 150 W, wynosi do 10 kV! W związku z tym odstęp międzyplótkowe powinny być odpowiednio dobrane dla danej pojemności.

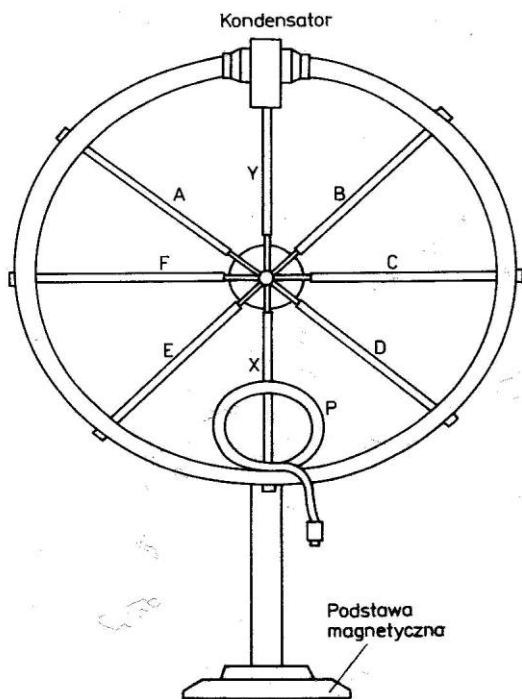
Anteny magnetyczne, przy zastosowaniu kondensatorów o większej pojemności, mogą pokrywać kilka pasm amatorskich, jednak ze względu na stosunek indukcyjności pętli L i pojemności kondensatora C (dobroć Q) nie mogą pokryć pełnego zakresu od 1,8 do 30 MHz.

Następnie zostaną opisane dwie anteny: jednopasmowa, przenośna na 14 MHz oraz stacjonarna na pasma 1,8; 3,5 i 7,0 MHz. Fabryczne rozwiązania anten magnetycznych wraz z układami sterowania i pomiaru zostaną opisane w rozdziale 7.

3.5.1.1. Przenośny MagneticLoop na 14 MHz

Ciekawym rozwiązaniem przenośnej anteny magnetycznej na pasmo 14 MHz jest zastosowanie, jako pętli głównej, grubego kabla koncentrycznego (RG213), a dokładnie jego oplotu (rys. 61) [17]. Straty spowodowane małą średnicą oplotu (ok. 10 mm) są niewielkie, w przypadku pracy anteny w jednym pasmie. Pętlę można również wykonać z rury miedzianej wygiętej na gorąco i posrebrzonej, lecz przy średnicy ok. 1,6 metra mogą być kłopoty z jej transportowaniem. Pętla z kabla RG213 ma długość ok. 5,1 m ($\lambda/4$), co daje dokładnie średnicę 1,62 m. Efektywność anteny, w stosunku do dipola półfalowego, rozwieszzonego $\lambda/2$ nad ziemią, jest mniejsza o ok. 20%.

Oba końce pętli zakończono wtykami UC-1/50. Żył „gorąca” pozostała niepodłączona, jedynie oplot kabla, stanowiący pętlę główną, musi być pewnie (galwanicznie) połączony z obudową i nakrętką wtyku. W celu utrzymania okrągłego kształtu pętli konieczne jest zastosowanie konstrukcji wsporczej.



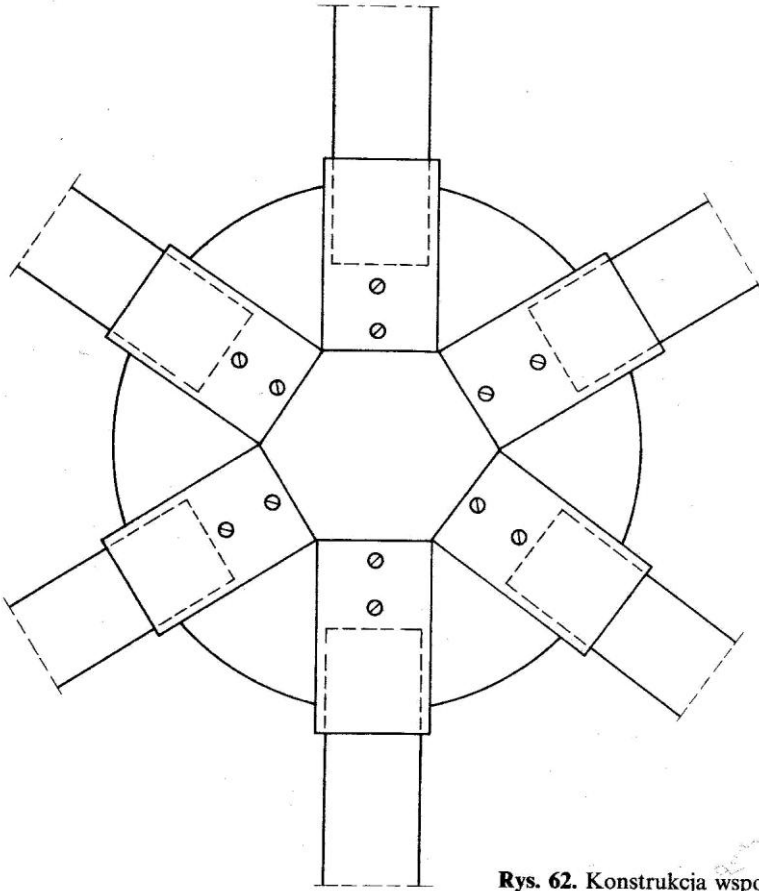
Rys. 61. Antena magnetyczna na 14 MHz

A ÷ F — podpórki pętli (rurki winidurkowe), *Y* — podpórka górna, *X* — podpórka dolna, *P* — pętla dopasowująca

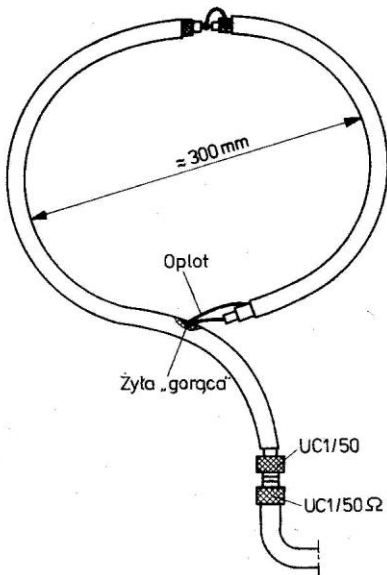
Składa się ona z ośmioramiennego krzyżaka (rys. 62). Każde z ramion wykonano z rurki aluminiowej, o średnicy wewnętrznej 20 mm, zaklepanych na końcach, w celu przymocowania do okrągłej płytki z pleksiglasu, o średnicy 120 mm i grubości 5 mm. Rurki umieszczone są względem siebie co 45°. Jako wsporników użyto 6 rur z PCW o długości 75 cm i średnicy zewnętrznej 20 mm. Długość rury górnej zależy od wymiarów układu strojeniowego, który jest zamocowany na jej końcu. Rura wsporcza, dolna, o średnicy zewnętrznej 20 mm powinna być wykonana z bardziej wytrzymałego materiału, gdyż jest nośnikiem dźwigającym układ strojeniowy oraz pętlę. Może być to rura z włókna szklanego lub pręta z pleksiglasu o długości ok. 1,1 m. Całą antenę osadzono na ciężkiej podstawie magnetycznej (od anteny samochodowej CB), którą można postawić na dachu samochodu, balustradzie balkonu lub w terenie na obudowie transceivera.

Dopasowanie niskiej impedancji pętli głównej (ok. 1 Ω) do transceivera uzyskuje się poprzez sprzężenie indukcyjne z mniejszą pętlą dopasowującą, umieszczoną wewnątrz pętli głównej, wykonaną również z kabla koncentrycznego o długości ok. 1 m. Wymiary pętli i sposób połączenia pokazano na rysunku 63. Antenę dostraja się do rezonansu za pomocą kondensatora o zmiennej pojemności, sterowanego zdalnie silnikiem prądu stałego. Nie jest możliwe ręczne strojenie anteny, ze względu na:

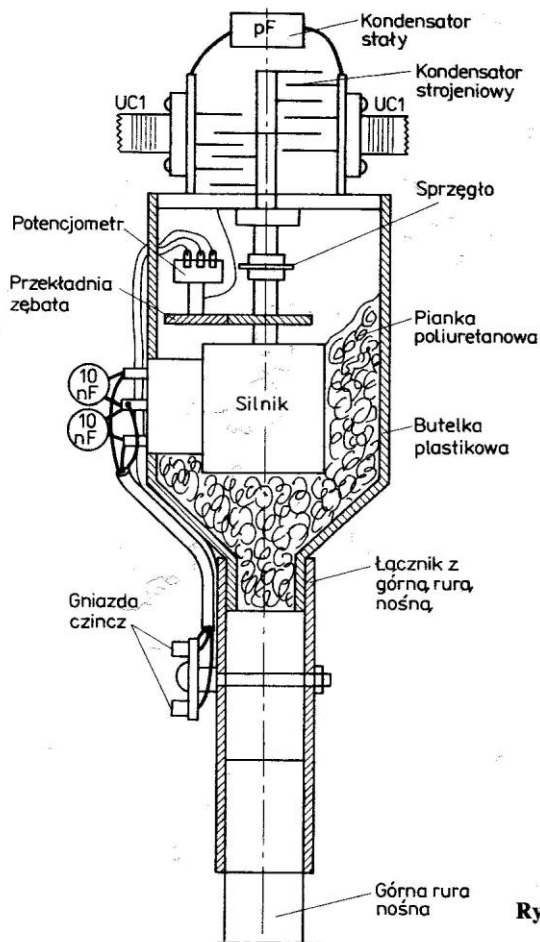
— wpływ pojemności ciała ludzkiego,



Rys. 62. Konstrukcja wsporcza pętli



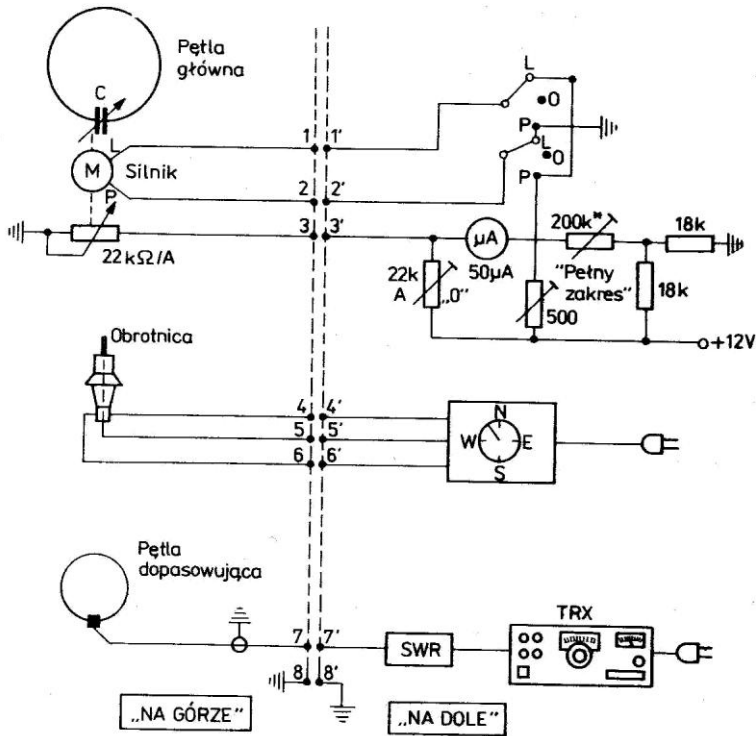
Rys. 63. Pętla dopasowująca



Rys. 64. Układ strojeniowy

- dużą precyzję strojenia
- silne pole magnetyczne, szkodliwe dla ciała ludzkiego.

Do jednopasmowej anteny na 14 MHz wystarczy kondensator o pojemności 5 pF (dwa połączone szeregowo o pojemności 10 pF). Równolegle do kondensatora zmiennego dołączono ceramiczny kondensator stały o pojemności 15 pF. Całkowita pojemność układu, wraz z pojemnością pętli (5 pF) wynosi ok. 25 pF. Wystarczy to do zestrojenia anteny w całym pasmie 20 metrów. Prędkość obrotowa silnika poprzez przekładnię nie jest tak krytyczna jak w przypadku anteny wielopasmowej i wynosi ok. 2 obr/min. Antena stroi się dosyć łagodnie i pracuje bardziej szerokopasmowo. Sposób montażu kondensatora oraz połączenia z pętlą i silnikiem pokazano na rysunku 64. Oś kondensatora powinna być odizolowana od osi silnika sprzęgłem ceramicznym lub plastikowym. Gniazda UC-1 przyłutowano z obu stron statorów dwusekcyjnego kondensatora (2 × 10 pF). Wspólny rotor pełni niejako połączenie szeregowo



Rys. 65. Układ sterowania i zasilania anteny magnetycznej

obu kondensatorów. Kondensator stały przylutowano równolegle do obu statorów. Przy mocy nadajnika ok. 100 W na okładkach kondensatora powstaje napięcie 4–5 kV.

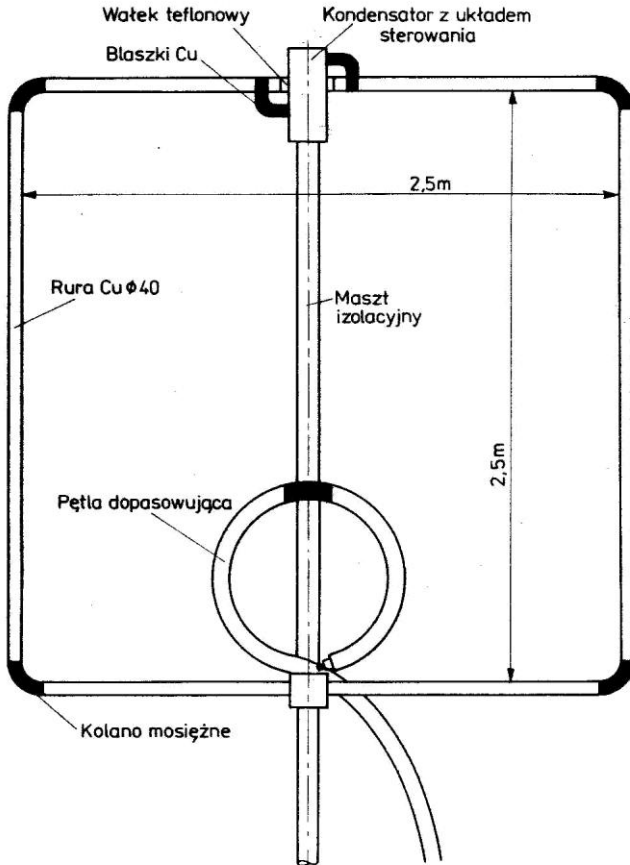
Całość układu strojeniowego umieszczono w odwróconej do góry dnem plastikowej butelce, której średnica szyjki wynosi 20 mm, przez co można ją nasunąć na pionową rurę winidurową, wychodzącą na dole z krzyżaka. Butelkę przecięto poprzecznie w połowie długości, gdzie wklejono krążek z pleksiglasu, do którego przymocowano kondensator strojeniowy. Po wycięciu otworów na gniazda UC-1, górną część butelki nałożono na kondensator i skleiono z dolną częścią. W celu usztywnienia dolnej części butelki wypełniono ją pianką poliuretanową. Przewody zasilające silnik zablokowano względem masy dwoma kondensatorami 10 nF i podłączono na płytce z laminatu, przykręconej do łącznika, do dwóch gniazd typu CINCH. Napięcie zasilające silnik jest podawane dwoma przewodami, poprowadzonymi wzdłuż rurek (górnej i dolnej) podpierających pętlę główną. Kable zakończono wtykami typu CINCH. Przewody nie mogą być na stałe połączone z rurkami nośnymi, ze względu na konieczność łatwego montażu i demontażu.

Układ zdalnego sterowania kondensatorem pokazano na rysunku 65.

Poza każdorazowym strojeniem pętli, należy wykonać strojenie wstępne pętli dopasowującej. Polega ono na ustaleniu, eksperymentalnie, długości pętli, przy której WFS jest najmniejszy.

3.5.1.2. Trzypasmowa antena MagneticLoop

Opisaną antenę zaprojektowano do pracy na trzech najniższych pasmach amatorskich 1,8; 3,5; 7,0 MHz [17]. Dla pasma 40-metrowego długość pętli wynosi $\lambda/4$, co daje 10 metrów. Pętlę główną wykonano z cienkościennej rury miedzianej o średnicy zewnętrznej 40 mm, posrebrzonej. W związku z tym, że wygięcie rury w pętlę okrągłą o średnicy ok. 3 m byłoby zbyt trudne, wybrano rozwiązanie kompromisowe i zastosowano pętlę kwadratową o boku 2,5 metra. Pogorszyło to nieznacznie efektywność anteny, lecz znacznie uprościło konstrukcję (rys. 66). Cztery odcinki rury miedzianej połączone czterema, mosiężnymi kolanami wodociągowymi, poprzez zespawanie mosiądzem. Należy zwrócić uwagę przy spawaniu, aby przeciwległe rury były względem siebie

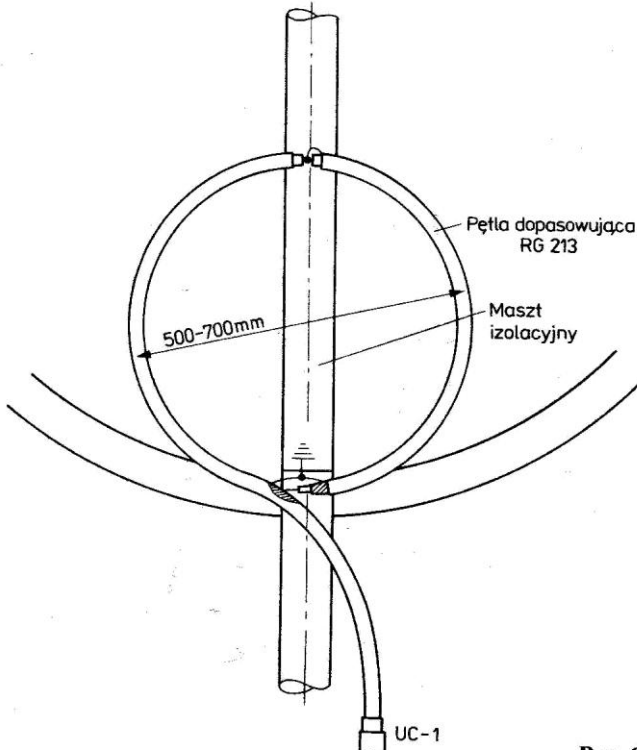


Rys. 66. Szerokopasmowa antena magnetyczna

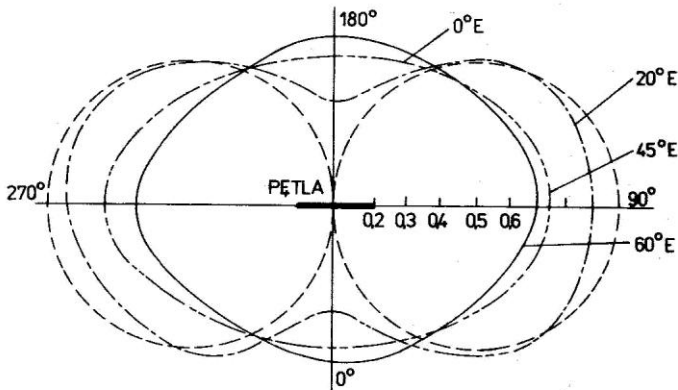
równoległe. W górnej rurze pętli (na środku) wycięto 100 milimetrowy odcinek i połączono oba kawałki wałkiem teflonowym, zakontrowanym śrubami z obu stron. Przekątna pętli wynosi ok. 3,4 m, co daje całkowitą jej długość równą 10,67 m, wraz z paskami miedzianymi o szerokości 50 mm, które przymocowane do obu krawędzi u góry pętli, stanowią elastyczne połączenie z kondensatorem strojeniowym. Paski miedziane muszą być obustronnie (do kondensatora i rury) spawane, w celu uzyskania pewnego styku. Do prawidłowej pracy anteny konieczne jest zastosowanie dobrej jakości kondensatora, o dużych odstępach międzyplótkowych. Najlepiej do tego celu nadaje się kondensator próżniowy o pojemności 7—1000 pF i napięciu 7 kV.

Maszt wspierający pętlę wykonano z materiału izolacyjnego (rura z włókna szklanego) o średnicy 35 mm. Koniec rury zamocowano w obrotnicy antenowej. Obrotnica znajduje się ok. 2 metry nad dachem na stalowej rurze-maszcie. Aby usztywnić konstrukcję wykonano trzy odciążki z linki stalowej i zamocowano poniżej obrotnicy. Dopasowanie pętli głównej do nadajnika uzyskuje się również poprzez zastosowanie pętli sprzęgającej z kabla koncentrycznego RG213 o długości ok. 1,8 metra (rys. 67).

Do obracania rotorem kondensatora strojeniowego zastosowano silnik prądu stałego. Oś kondensatora sprzężona jest również z potencjometrem



Rys. 67. Pętla sprzęgająca



Rys. 68. Charakterystyka promieniowania anteny magnetycznej

22 k Ω /A (rys. 65). Potencjometr wraz z mostkiem Wheatsona (na dole przy radiostacji) służy do wizualnej kontroli położenia kąтового rotora kondensatora strojeniowego. Podziałkę mikroamperomierza można wyskalować w częstotliwościach poszczególnych pasm. Kondensator wraz z silnikiem i potencjometrem umieszczono w hermetycznym pudełku z tworzywa. Kable sterujące do silnika oraz potencjometru poprowadzono wzdłuż masztu wsporczoego.

Strojenie anteny należy zacząć od wyskalowania mostka Wheatstona w dwóch skrajnych położeniach rotora kondensatora, odpowiadających maksimum i minimum wychylenia wskazówki mikroamperomierza. Po połączeniu anteny z nadajnikiem poprzez reflektometr należy podać małą moc, ok. 5 W, z nadajnika. Silnik napędzający kondensator należy zatrzymać przy wystąpieniu minimum WFS. Jeżeli nie uda się uzyskać WFS < 1:1,2 należy zdeformować kształt pętli dopasowującej lub nieznacznie skorygować jej długość.

Antena stroi się bardzo ostro, zwłaszcza w pasmie 160 metrów. Charakterystykę promieniowania przedstawiono na rysunku 68. Ze względu na jej eliptyczny kształt stosowanie obrotnicy nie jest konieczne. Antena zachowuje się poprawnie na wszystkich pasmach, a jej efektywność można porównać do dipola półfalowego, zawieszonoego $\lambda/2$ nad ziemią. Pewnym utrudnieniem może wydać się konieczność dostrajania anteny do każdej częstotliwości. „Ostre” strojenie jest jednak bardzo korzystne, gdyż wycina ono spleter stacji nadających „z boku” oraz szum pasmowy. Pozwala to wyłowić dalekie, słabe stacje przy obecnie zatłoczonych pasmach amatorskich. Parametry anteny podano w tablicy 6.

Anteny magnetyczne mają małe wymiary, przez co mogą być zainstalowane na balkonach, dachach oraz wszędzie tam, gdzie powierzchnia na powieszenie pełnowymiarowej drutowej anteny jest za mała. Przy użytkowaniu anteny należy zwrócić uwagę, aby podczas nadawania nie zbliżać się do niej, gdyż wytwarza ona silne pole magnetyczne, szkodliwe dla ludzi. Maszt anteny

PARAMETRY ANTENY MAGNETYCZNEJ

Tablica 6

Parametr	Pętla kwadratowa			Pętla okrągła		
	7,0	3,5	1,8	7,0	3,5	1,8
1. Oporność promieniowania [Ω]	0,360	0,023	0,002	0,76	0,05	0,03
2. Efektywność [%]	88	36,5	6,3	93	53,5	10
3. Indukcyjność anteny [μH]	8,2	8,2	8,2	9,6	9,6	9,6
4. Szerokopasmowość [kHz]	15,9	2,4	1,3	27	3,0	1,0
5. Napięcie na kondensatorze [kV]	4,0	5,1	3,7	3,3	5,0	4,2
6. Pojemność kondensatora w rezonansie anteny [pF]	63	252	953	54	215	810

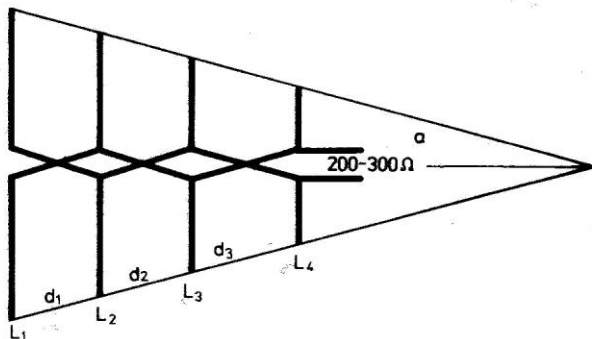
powinien być dobrze uziemiony. Antena nie powinna się znajdować również zbyt blisko dużych metalowych przedmiotów (dachów, słupów, ogrodzeń itp.). Może ona pracować również w obu polaryzacjach. Wykonanie anteny magnetycznej we własnym zakresie jest dość skomplikowane i poza pewnym doświadczeniem wymaga stosowania wielu specjalistycznych narzędzi i maszyn (spawanie, toczenie, itp.).

Na zakończenie należy wyjaśnić pewną kwestię dotyczącą strojenia anteny magnetycznej. Uważny czytelnik może stwierdzić, że zestrojenie anteny bez użycia nadajnika nie jest możliwe, a zatem antena nie jest przydatna dla nasłuchowców. Możliwe jest jednak również „ciche” strojenie anteny. Polega ono na elektronicznym pomiarze szumu pasmowego i zatrzymaniu kondensatora przy jego maksymalnym natężeniu, świadczącym o zestrojeniu anteny. Metoda „cichego” strojenia anteny magnetic-loop zostanie szczegółowo opisana przy omawianiu anten fabrycznych w rozdziale 7.

3.5.2. Anteny Logarytmiczno-Periodyczne (LPDA)

Antena LPDA jest nowoczesnym rozwiązaniem anteny o dużym zysku, niewielkich wymiarach oraz dużej szerokopasmowości. Istnieją również skomplikowane konstrukcje anten LPDA, takie jak „SPIDER” czy „TELERANA”, które są wielopasmowymi antenami KF [13].

Anteny logarytmiczno-periodyczne były już dawno znane i opisywane [15]. Pierwsze konstrukcje wykonał W1FVY w latach pięćdziesiątych [2]. Niestety, z podobnych powodów jak anteny magnetyczne, dopiero teraz rozpowszechniły się wśród krótkofalowców. Antena logarytmiczno-periodyczna jest anteną kierunkową, podobną do anten typu Yagi, (rys. 69) i składa się z dzielonych direktorów, łączonych naprzemianlegle. W związku z tym, każdy element jest zasilany sygnałem przesuniętym w fazie o 180° . Nazwa anteny pochodzi od pewnych prawidłowości okresowej zmiany jej parametrów i wy-



Rys. 69. Antena LPDA

miarów w zależności logarytmicznej [13]. Aby obliczyć wymiary anteny LPDA należy poznać podstawowe parametry obliczeniowe takie, jak:

- t — stała geometryczna ($t < 1$) używana do obliczania długości poszczególnych elementów ($t = 0,85—0,94$),
- r — stała geometryczna relatywnej odległości międzyelementowej ($r = 0,05—0,06$),
- a — jest to połowa kąta powstałego z połączenia prostymi wierzchołków poszczególnych elementów po obu stronach nośnika

Aby obliczyć długość pierwszego elementu anteny — L_1 , po założeniu wartości t i r , wykorzystuje się wzór:

$$L_1 \text{ [m]} = 150/f$$

gdzie: f — częstotliwość rezonansowa anteny

Jak wspomniano poprzednio ze względu na występowanie okresowości w wymiarach LPDA, następane elementy oblicza się następująco:

$$L_2 = L_1 \cdot t \qquad L_3 = L_2 \cdot t \qquad L_4 = L_3 \cdot t$$

Antena LPDA może mieć więcej elementów, chociaż wzrost ich liczby powyżej 4 nie powoduje proporcjonalnego wzrostu zysku energetycznego, a zwiększa się tylko radykalnie długość anteny. Aby obliczyć odległości międzyelementowe należy wykonać następujące obliczenia:

$$\begin{aligned} \text{ctg } \alpha &= 4 \cdot r / (1 - t) && \text{oraz} \\ d_1 &= 0,5 \cdot (L_1 - L_2) \cdot \text{ctg } \alpha && \text{i analogicznie jak wyżej} \\ d_2 &= d_1 \cdot t \\ d_3 &= d_2 \cdot t \end{aligned}$$

Zmieniając parametry t , r i a w podanych zakresach można zauważyć, że poza zmianą wymiarów elementów zmieniają się takie parametry jak zysk czy szerokopasmowość. I tak np. wzrost t do 0,95 i r do 0,08 powoduje konieczność zastosowania 6 elementów. Długość anteny wzrasta o 60% a zysk przyrasta tylko o ok. 0,5 dB! Istnieją również wzory, bardziej skomplikowane na oblicza-

nie optymalnej liczby elementów LPDA dla danego zysku i szerokopasowości, ale nie matematyka jest przedmiotem niniejszego rozdziału. Dla przykładu należy podać, że optymalny zysk 5,4 dBd można uzyskać przyjmując: $t=0,94$, $r=0,06$; przy czteroelementowej LPDA.

W celu zwiększenia zysku 4-elementowej anteny logarytmiczno-periodycznej należy połączyć ją z anteną Yagi. Dodając pojedynczy direktor do LPDA można osiągnąć zysk podobny jak przez dodanie direktora pierwszego do dipola w antenie Yagi. Jeżeli direktor ma odpowiednią długość i odstęp od LPDA, to przy zwiększeniu zysku zmniejszy się równocześnie impedancja anteny. Z przeprowadzonych badań doświadczalnych wynika, że zysk ten zwiększy się o ok. 4 dB! Analogicznie w antenie Yagi dodanie direktora zwiększa zysk o 2,5 dB. Różnicę 1,5 dB w obu układach należy wytłumaczyć lepszym „oświetleniem” elementów czynnych przez direktor w antenie LPDA. Dodanie następných direktorów zwiększa zysk całej anteny o:

$$D2 \text{ — } 1,5 \text{ dB}$$

$$D3 \text{ — } 0,5 \text{ dB}$$

Obliczenia teoretyczne oraz pomiar miernikiem natężenia pola potwierdzają, że 7-elementowa antena LPY (4LPDA+3 YAGI) posiada zysk — 11,36 dBd! 5,36 dBd (LPDA)+4 dB ($D1$)+1,5 dB ($D2$)+0,5 dB ($D3$)=11,36 dBd

Przykładowe wymiary direktorów wynoszą:

$$D1=0,45 \lambda$$

$$D2=0,44 \lambda$$

$$D3=0,43 \lambda$$

Odstęp między L_4 a $D1$ wynosi ok. $0,15 \lambda$, $D1-D2 \text{ — } 0,15 \lambda$ oraz $D2-D3 \text{ — } 0,3 \lambda$. W antenie LPY można również zastosować reflektor. Poza zwiększeniem F/B, zwiększy się również zysk energetyczny anteny od przodu. Bez reflektora F/B wynosi 12—15 dB. Z reflektorem F/B zwiększa się do 25 dB. Dodanie direktorów i reflektora do LPDA powoduje obniżenie impedancji anteny, lecz w mniejszym stopniu niż w antenie Yagi. Impedancja LPY zależy od konstrukcji anteny, zasilania oraz kąta i ma głównie charakter rezystancyjny. Bardzo istotne jest również to, że impedancja LPY praktycznie nie zmienia się w całym przedziale pracy anteny. Szerokopasowość jednopasmowej LPY wynosi $\pm 1,5\%$ częstotliwości rezonansowej anteny, co w konsekwencji daje w pasmie 2-metrowym szerokość pasma ok. 4 MHz! (na poziomie $WFS < 1:1,5$).

Przy typowych parametrach t i r impedancja LPY 7 el. wynosi 200—300 Ω i w głównej mierze zależy od odległości elementu czynnego od pierwszego direktora, podobnie jak w antenie Yagi. Dodatkowo na impedancję anteny ma wpływ sposób i jakość drutu łączącego poszczególne połówki elementów LPDA. W celu przetransformowania impedancji 200—300 Ω na 50—75 Ω należy zastosować typowy balun 4:1 na rdzeniu pierścieniowym lub np. z kabla koncentrycznego o długości $1/2 \lambda \times$ współczynnik skrócenia

kabla K. Antenę można wówczas zasilać kablem koncentrycznym o impedancji 50—75 Ω .

Następnie zostaną omówione dwie jednopasmowe anteny LPDA na 3,5 lub 7,0 MHz oraz wielopasmowa antena 13—20 MHz.

3.5.2.1. Jednopasmowa LPDA na 3,5 i 7,0 MHz

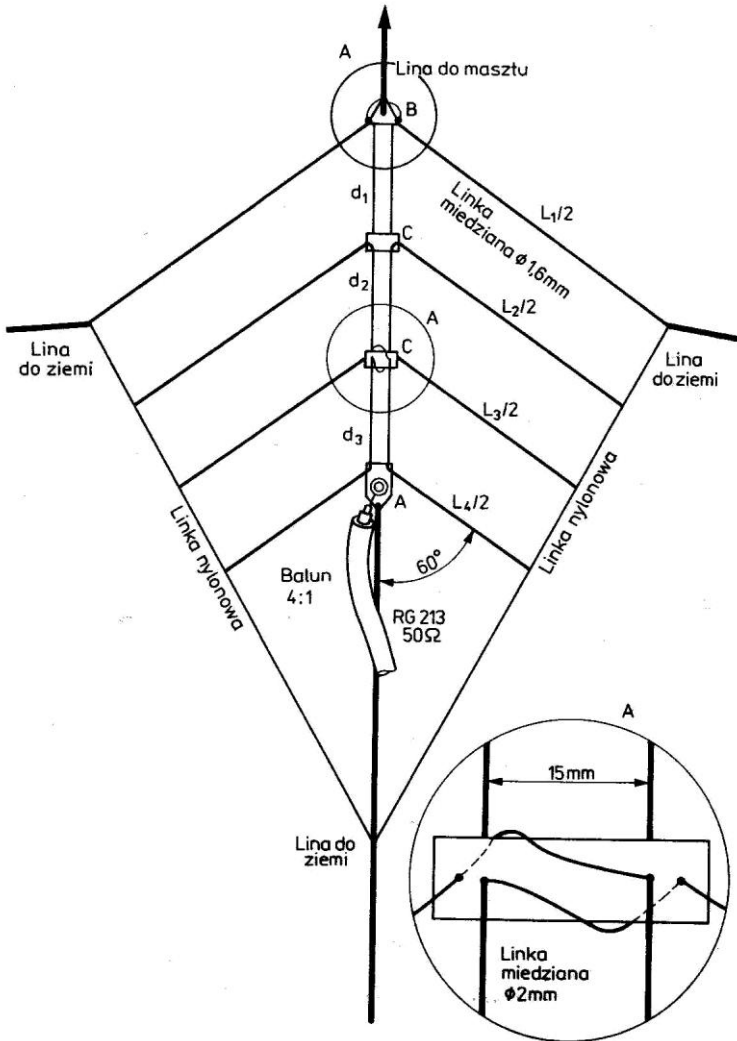
Opisana czteroelementowa antena LPDA została wykonana na jedno z dwóch najniższych pasm amatorskich [13]. Wymiary elementów na poszczególne pasma podano w tabelicy 7. Elementy anteny, ze względu na długość, zostały wykonane z linki lub drutu miedzianego o średnicy 1,6 mm, a linia zasilająca o średnicy 2 mm (rys. 70). Końce elementów przyczepiono do linki nylonowej, która stanowi jednocześnie nośnik i napinacz. Linia zasilająca jest przyczepiona na początku i na końcu do poliamidowych płytek (rys. 71), które stanowią izolatory poszczególnych połówek elementów. Cała antena spoczywa na środkowej linii nośnej, przyczepionej do łożyskowanej rury na końcu 22 metrowego masztu. Drugi koniec, po naprężeniu przymocowano do stalowego kołka, wbitego w ziemię (rys. 72). Elementy anteny, przyczepione do linki nylonowej dodatkowo naprężono dwoma linami, których końce również przymocowano do kołków wbitych w ziemię co 120° , po obu stronach liny głównej. Kołek, do którego została przymocowana linia główna znajduje się w odległości 36 m od wieży. W związku z tym, że maszt jest zakończony łożyskową rurą, całą antenę można obracać, poprzez przemieszczanie trzech lin; nośnej i napinających, po okręgu o promieniu 36 m. Całą operację powinny wykonywać trzy osoby, po jednej do każdej z lin. Aby ułatwić operację należy narysować na ziemi okrąg, na którego obwodzie, co 45° należy wbić kołki, do których będą przymocowywane liny odciągowe. Kąt promieniowania anteny wynosi ok. 50° , zatem rozstaw kołków co 45° jest wystarczający.

W związku z tym, że antena jest symetryczna i ma impedancję 200 Ω należy zastosować balun 4:1 (rys. 73) w celu dopasowania do 50-omowego

WYMIARY ANTEN LPDA NA PASMA 3,5 i 7,0 MHz

Tablica 7

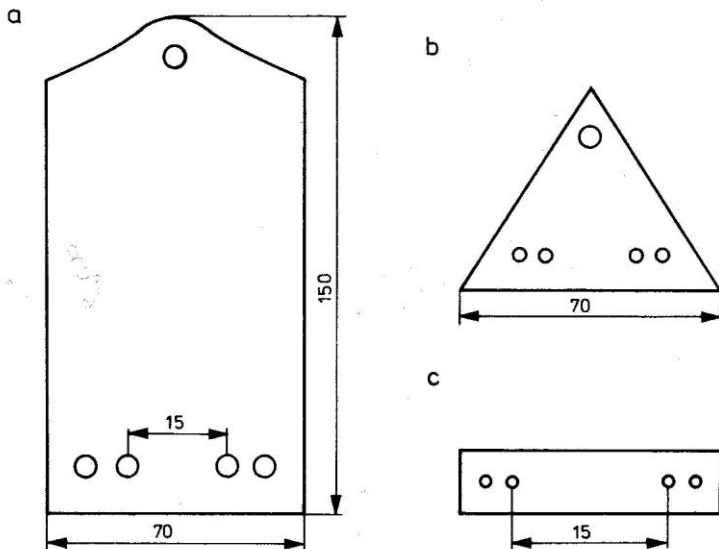
m	Pasma	
	3,5 MHz	7,0 MHz
L_1	45,5	21,7
L_2	38,4	18,4
L_3	32,5	15,5
L_4	27,4	13,1
d_1	5,45	2,61
d_2	4,61	22,20
d_3	3,90	1,86
G [dBd]	3,8	3,8



Rys. 70. Antena LPDA na 3,5 i 7,0 MHz

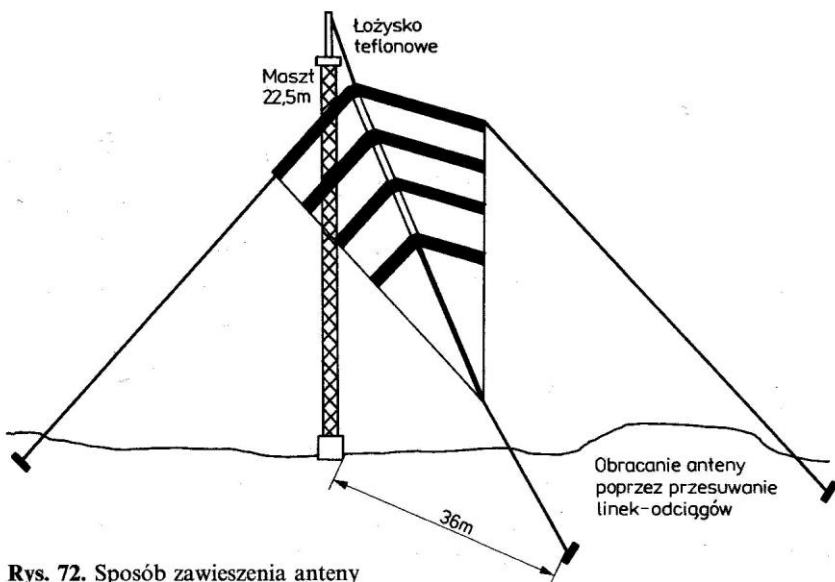
kabla koncentrycznego. Balun wykonano przez nawinięcie na rdzeniu pierścieniowym F82, o średnicy 40—60 mm, 2×10 zwojów (bifilarnie), drutem DNE 1,6.

Zmierzony zysk anteny w obu pasmach wahał się w granicach 3,8—4,0 dBd. Przeprowadzone przez autora [13] próby porównawcze w stosunku do dipola półfalowego wykazały dużą różnicę w odsłuchu dalekich stacji. Stacje dające na dipolu tylko zmianę poziomu szumu, na LPDA były przyzwoicie słyszalne, a nawet można było z nimi przeprowadzić łączność na SSB!



Rys. 71. Izolatory anteny LPDA

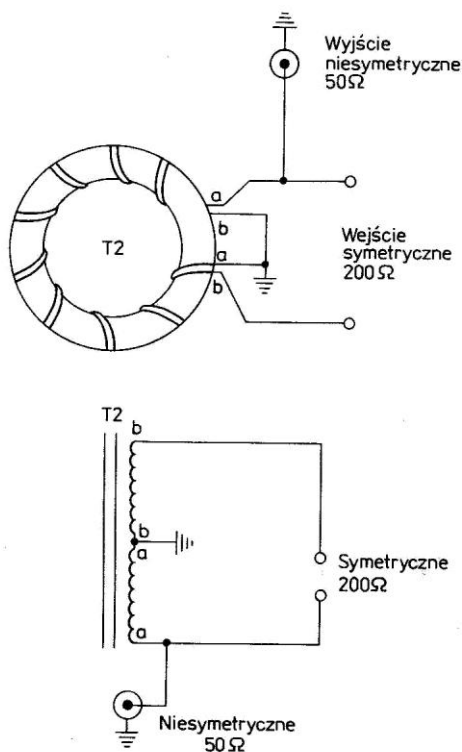
a — płytkę przednią pod balun 4:1 (poliamid, grubość 12 mm) wymiary: 70 × 150 mm, *b* — płytkę tylną do zamocowania (poliamid, grubość 12 mm) wymiary: 70 × 70 mm, *c* — rozpórki międzyelementowe (pleksiglas, grubość 6 mm) wymiary: 70 × 30 mm



Rys. 72. Sposób zawieszenia anteny

3.5.2.2. Szerokopasmowa antena LPDA

Opisana antena pokrywa pasma od 13 do 30 MHz, a zatem 14, 18, 21, 24 i 28 MHz (rys. 74) [13]. Zysk energetyczny anteny w każdym pasmie wynosi ok. 4,6 dB, czyli tyle ile pełnowymiarowy, dwuelementowy beam. Charakte-



Rys. 73. Balun 4:1

rystykę promieniowania w płaszczyźnie poziomej przedstawiono na rysunku 75. W związku z tym, że kąt promieniowania wynosi ok. 43° , antena powinna być obracana. Tłumienie tył-przód w pasmie 14 MHz wynosi ok. 14,4 dB i rośnie wraz z częstotliwością.

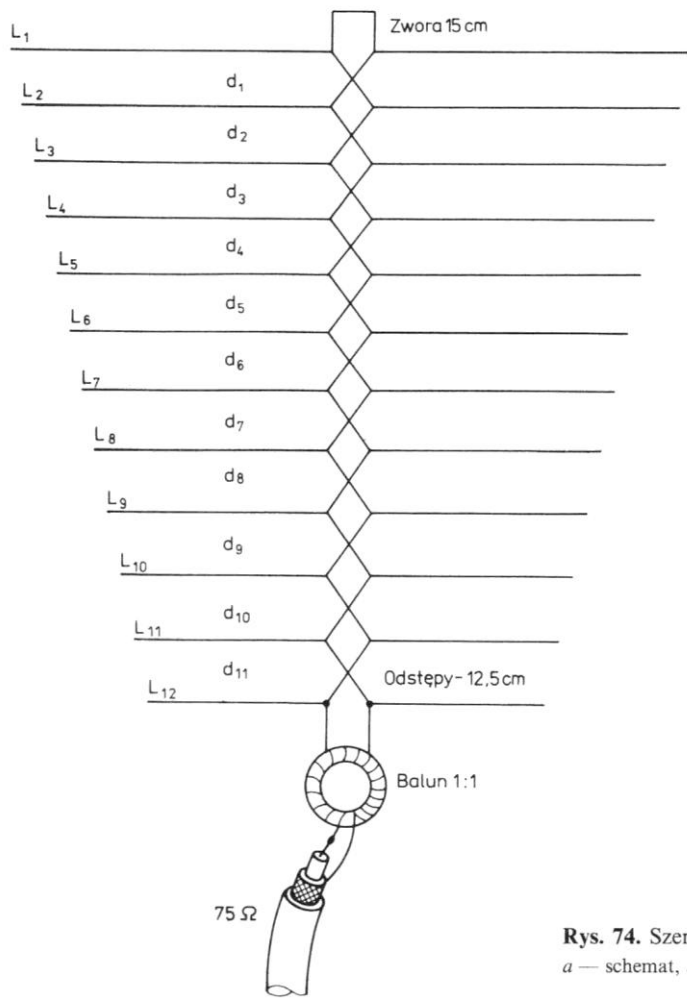
Długości poszczególnych elementów podano w tabelicy 8. Elementy wykonano z rur aluminiowych 30—18 mm, stopniowanych ku końcowi. Każdy element dzielony jest w połowie i połączony wałkiem poliamidowym. Odstęp

WYMIARY SZEROKOPASMOWEJ ANTENY LPDA

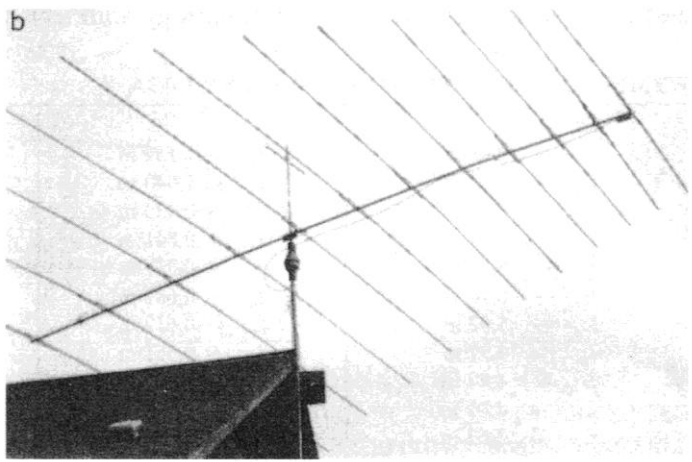
Tabela 8

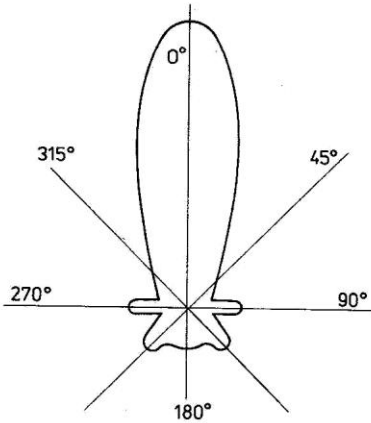
L_1 — 11,54 m	d_1 — 1,154 m	14 MHz
L_2 — 10,38 m	d_2 — 1,040 m	
L_3 — 9,35 m	d_3 — 0,935 m	18 MHz
L_4 — 8,42 m	d_4 — 0,841 m	
L_5 — 7,57 m	d_5 — 0,757 m	21 MHz
L_6 — 6,82 m	d_6 — 0,681 m	
L_7 — 6,14 m	d_7 — 0,612 m	24 MHz
L_8 — 5,52 m	d_8 — 0,551 m	
L_9 — 4,97 m	d_9 — 0,503 m	28 MHz
L_{10} — 4,47 m	d_{10} — 0,447 m	
L_{11} — 4,03 m	d_{11} — 0,401 m	
L_{12} — 3,62 m		

a

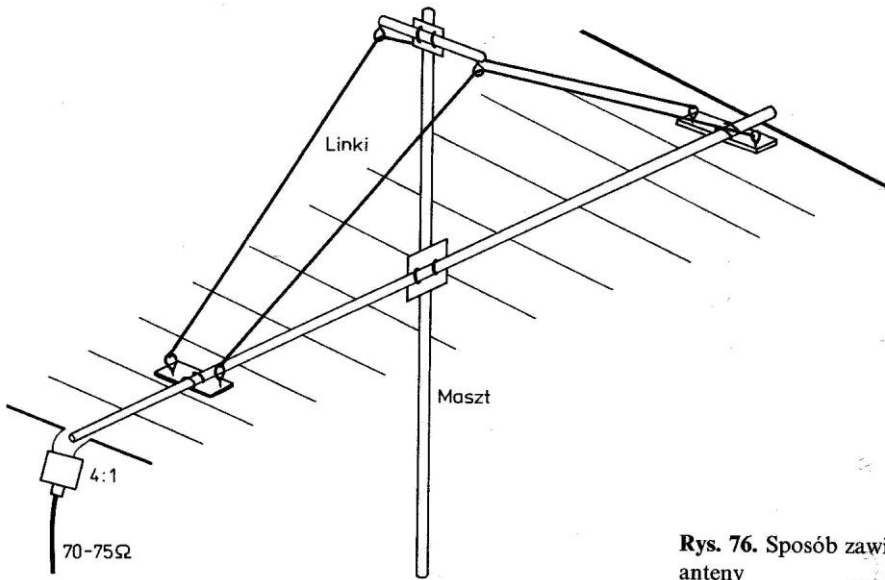


Rys. 74. Szerokopasmowa antena LPDA
a — schemat, *b* — widok





Rys. 75. Charakterystyka promieniowania anteny szerokopasmowej LPDA



Rys. 76. Sposób zawieszenia anteny

między połówkami elementów, które zostały połączone linią zasilającą, wynosi 12,5 cm. Linię zasilającą stanowią dwa odcinki drutu miedzianego w izolacji, o średnicy 2 mm. Ostatni element został zwarty odcinkiem drutu miedzianego o średnicy 1 mm i długości 15 cm. Sposób połączenia elementów pokazano na rysunku 74. Nośnik (boom) o długości 8 m stanowią dwa odcinki rury aluminiowej o średnicy 50–60 mm. W związku z tym, że impedancja anteny wynosi 72 Ω , można ją zasiląć poprzez symetryzator ferrytowy 1:1 (rys. 22), kablem koncentrycznym 70–75 Ω . Nośnik anteny, ze względu na swoje wymiary i ciężar całkowity, powinien być podwieszony za pomocą dwóch linek styłonowych (rys. 76).

3.6. ANTENY CB

W związku z rozpowszechnieniem się, pod koniec lat osiemdziesiątych, łączności w pasmie obywatelskim CB (Civil Band), wzrosło zapotrzebowanie na sprzęt radiowy i anteny. Liberalizacja przepisów dotyczących łączności w pasmie 27 MHz oraz dostępność radiotelefonów, głównie importowanych, spowodowały burzliwy rozwój CB oraz liczby jego użytkowników, których dzisiaj ocenia się na ok. 1 milion.

Anteny na pasmo CB nie różnią się konstrukcyjnie od anten stosowanych w krótkofalowych pasmach amatorskich, tym bardziej, że pasmo 27 MHz leży 1 MHz poniżej najwyższego pasma — 10 metrów. Zakres częstotliwości CB jest dostępny dla każdego i nie wymaga specjalnych uprawnień operatorskich, jak w przypadku radiokomunikacji amatorskiej! Radiotelefony i anteny są ogólnie dostępne, a uzyskanie pozwolenia sprowadza się do zarejestrowania stacji w PAR i wnoszenia corocznych opłat abonamentowych.

Radiotelefony CB są wykorzystywane głównie w łącznościach stacji przewoźnych — mobile, lub stacjonarnych, przy zastosowaniu modulacji AM i FM, na niewielkie odległości do 30 km, na fali przyziemnej. Specyfika pasma 27 MHz, zdominowana 11-letnim cyklem aktywności słonecznej, pozwala również na nawiązywanie łączności na fali odbitej, dalekiego zasięgu (DX), głównie przy zastosowaniu modulacji SSB i FM. Tego typu łączności wymagają stosowania nadajników większej mocy oraz anten o dużym zysku kierunkowym. Polaryzacja anten w łącznościach DX nie ma znaczenia, gdyż fala radiowa, po wielokrotnym odbiciu od ziemi i jonosfery przyjmuje charakterystykę zbliżoną do kołowej.

W łącznościach AM i FM na fali przyziemnej stosuje się anteny z polaryzacją pionową, głównie ze względu na ich dookólny charakter i prostotę wykonania. Ponadto, każda antena z amatorskiego pasma 28 MHz może być przekonstruowana na antenę CB, poprzez zwiększenie jej wymiarów o ok. 10%.

Większość użytkowników CB traktuje łączności w tym pasmie instrumentalnie, jako telefon „bez drutu”, nie znając praw rządzących rozchodzeniem się fal radiowych, budowy urządzeń, anten, a nawet poprawnych zasad prowadzenia korespondencji radiowej. Nieznajomość zasad dopasowania anteny i linii do radiotelefonu, czy też świadomie stosowanie „dopałek” lub „pogłębianie modulacji” powoduje powstawanie zakłóceń radiowo-telewizyjnych w pobliskich odbiornikach, a w konsekwencji zatargi z sąsiadami.

Mobilowe anteny CB są sprzedawane obecnie w szerokiej gamie długości (zysku energetycznego) oraz rozwiązań konstrukcyjnych. Antenę taką można wykonać również samodzielnie według opisu umieszczonego w niniejszym rozdziale. Czytelnicy zainteresowani konstruowaniem stacjonarnych anten dookólnych i kierunkowych znajdą również coś dla siebie. Opisane anteny

są konstrukcjami sprawdzonymi i ze względu na swoją prostotę, mogą być wykonane nawet przez początkującego radioamatora.

Przy okazji omawiania anten CB należy wspomnieć o pewnych nieuczciwych praktykach zagranicznych producentów, którzy zawyżają zyski energetyczne swoich wyrobów. Przykładem może być antena mobilowa MICK BELLON, o długości 1,5 m, gdzie producent podaje zysk 3,5 dB!?? Nie wiadomo, jaka antena była odniesieniem, do podania takiego zysku, na pewno nie dipol (dBd), ani antena izotropowa (dBi), które są uważane w radiokomunikacji za anteny wzorcowe. Faktyczny zysk zacytowanej anteny wynosi: -1,5 dBd (0,64 dBi). Poniżej przytoczone zostaną rzeczywiste zyski energetyczne typowych anten CB:

1. Antena mobilna o długości ok. 1,5 m ($\lambda/4$ promiennik + cewka)
(DV-27HN, TURBO, ALAN-145, MICK BELLON, MAGNUM)
- (minus) 1,5 dBd (0,64 dBi)
2. Antena stacjonarna $\lambda/4$ o długości 2,7 m
(PAN LS 027, GPA 27, BOOMERANG)
- (minus) 1,0 dBd (1,14 dBi)
3. Antena stacjonarna $5/8 \lambda$ o długości ok. 7 m
(EUROPA DX, SPACELAB, FUTURA, CTE SPECTRUM)
3,5 dBd (5,64 dBi)
4. Trójelementowa, pełnowymiarowa antena Yagi o rozpiętości ok. 5 m
6 dBd (8,14 dBi)

W przypadku anten oznaczenie zysku energetycznego przez dB jest niepełne i często wykorzystywane przez producentów do manipulacji pseudoreklamowych.

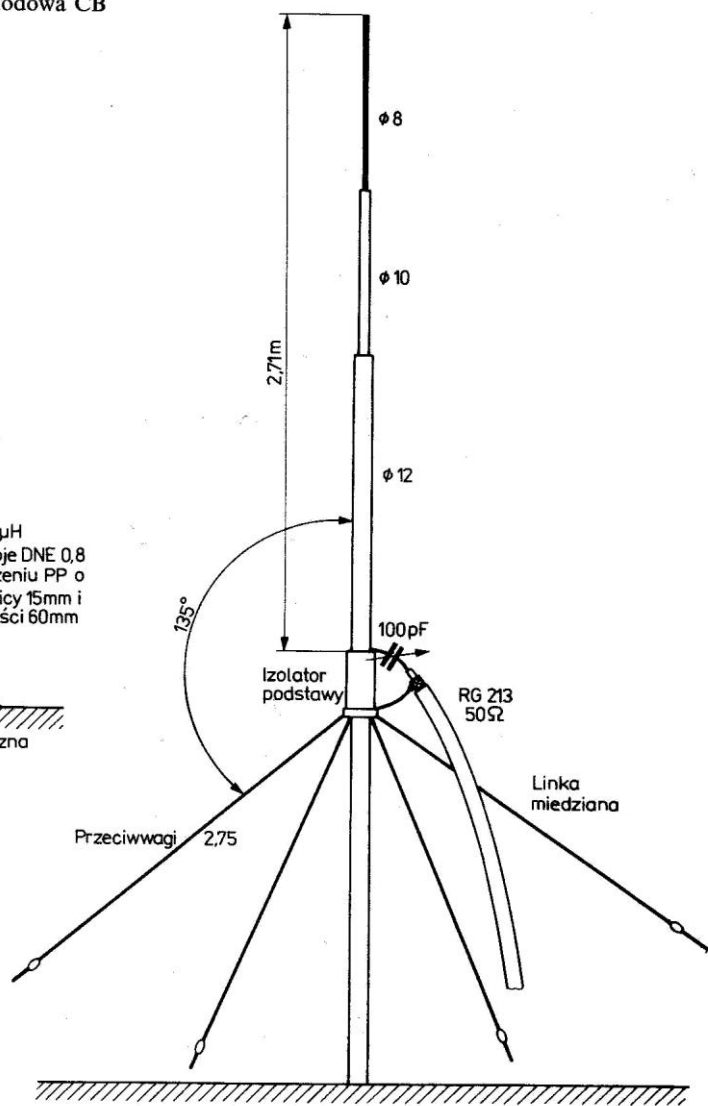
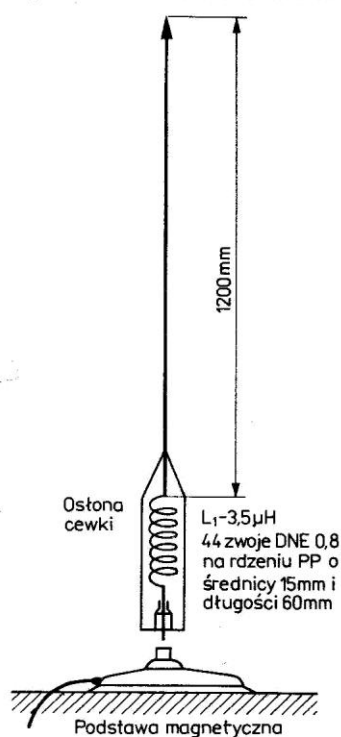
3.6.1. Antena mobilna $1/4 \lambda$

W związku z tym, że antena $1/4 \lambda$ na pasmo 27 MHz miałaby długość 2,7 m w celu jej fizycznego skrócenia należy zastosować cewkę u podstawy promiennika (rys. 77). Cewka została nawinięta na poliamidowym karkasie o średnicy 15 mm i długości 60 mm i zawiera 44 zwoje drutu DNE 0,8. Promiennik wykonano ze stalowego, hartowanego drutu stalowego o średnicy 3 mm, na który nałożono koszulkę termokurczliwą. Kąt promieniowania anteny wynosi ok. 35° , a zysk energetyczny -1,5 dBd. Antena została zakończona wtykiem UC-1, który wraz z cewką wklejono do rurki winidurkowej. Można ją zamocować na gnieździe UC-1, w otworze w karoserii pojazdu, na uchwycie rynienkowym lub na podstawie magnetycznej.

3.6.2. Antena stacjonarna $1/4 \lambda$

Antena ta stanowi popularną, ćwierćfalową antenę GP (rys. 78), o dookólnej charakterystyce promieniowania. Stanowi ją promiennik o długości 2,71 m, wykonany z trzech średnic rur aluminiowych 12, 10 i 8 mm i grubości ścianek

Rys. 77. Antena samochodowa CB



Rys. 78. Antena bazowa GP

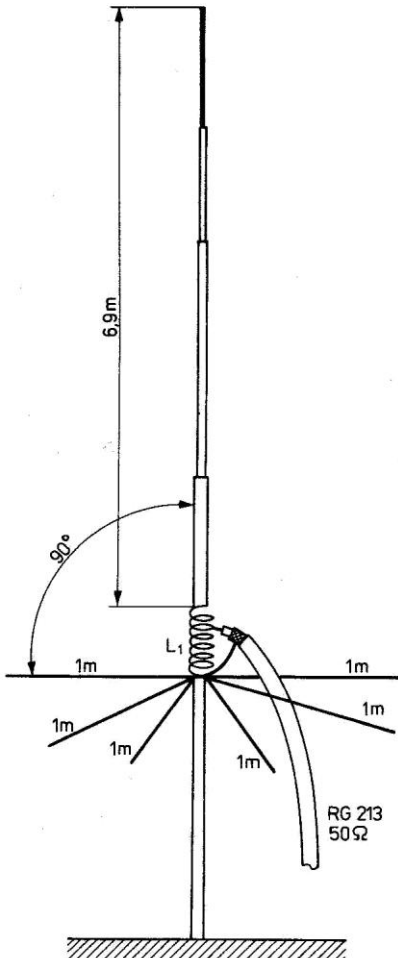
1 mm. Taki wybór średnic powoduje, że można na gorąco wcisnąć końce każdej z nich, jedna w drugą. Po ostygnięciu następuje trwałe zaciśnięcie rury i połączenie segmentów. Promiennik osadzono w izolatorze poliamidowym, który od dołu zamocowano na maszcie z rury stalowej o długości 2 m. Promiennik jest zasilany kablem koncentrycznym RG 213 (50 Ω) poprzez szeregowy trymer ceramiczny 100 pF. Przeciwwagi wykonano z linki mie-

dzianej w izolacji, o długości 2,75 m każda. Celem uzyskania impedancji anteny 50Ω kąt pomiędzy promiennikiem a przeciwwagami powinien wynosić 135° .

Zysk anteny wynosi $-1,0 \text{ dBd}$ ($1,14 \text{ dBi}$), a kąt promieniowania w płaszczyźnie pionowej — 30° . Strojenie anteny polega na dobraniu takiej pojemności kondensatora, aby WFS w środku pasma był najmniejszy.

3.6.3. Antena stacjonarna $5/8 \lambda$

Jeszcze większy zysk energetyczny można uzyskać stosując dłuższą antenę — $5/8 \lambda$ (rys. 79), którą stanowi promiennik o długości 6,9 m oraz cewka wydłużająca u podstawy [9]. Poniżej podstawy znajduje się 6 przeciwwag o długości 1 m i kącie do promiennika — 90° . Promiennik, jak w przypadku anteny ćwierćfalowej, wykonano ze zmniejszających się ku górze średnic rur



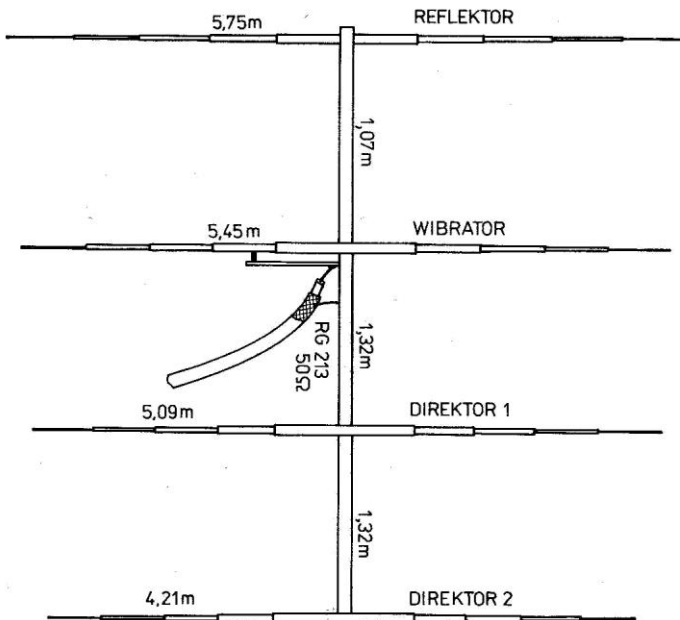
Rys. 79. Antena $5/8 \lambda$ CB

aluminiowych, począwszy od 30 mm. Cewka wydłużająca została wykonana z pręta aluminiowego o średnicy 6 mm, zwiniętego na karkasie \varnothing 75 mm i zawiera 11 zwojów. Karkas cewki jest jednocześnie izolatorem podstawy, w którym osadzono promiennik anteny. Przeciwwagi połączono z uziemionym masztem oraz oplotem kabla zasilającego RG213 — 50 Ω . „Żyła gorąca” kabla jest połączona z cewką na czwartym zwoju od strony promiennika. Należy zwrócić uwagę, aby połączenie: końca cewki z promiennikiem, „żyły gorącej” z cewką oraz początku cewki z masztem miało pewny kontakt galwaniczny.

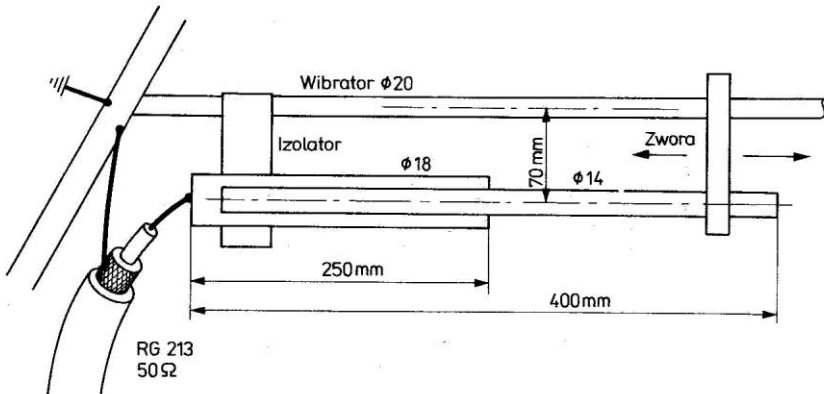
Zysk energetyczny anteny wynosi 3,5 dBd (5,64 dBi), a kąt promieniowania w płaszczyźnie pionowej ok. 15°. Strojenie anteny polega na przesuwaniu „żyły gorącej” po cewce tak, aby WFS był najmniejszy. W przypadku uzyskania rezonansu na innej częstotliwości niż środek pasma CB, należy skorygować długość promiennika, poprzez wsuwanie lub wysuwanie ostatniej rurki promiennika w przedostatnią.

3.6.4. Czteroelementowa antena Yagi

Opisana antena jest 4-elementową Yagą o zysku energetycznym 6,5 dBd (rys. 80) [6]. Rozpiętość anteny wynosi 5,75 m, a długość nośnika 3,7 m. Elementy ze względu na swoją długość wykonano ze stopniowanych średnic rur aluminiowych. Dopasowanie anteny do 50-omowej linii zasilającej za pomocą



Rys. 80. Czteroelementowa antena Yagi CB



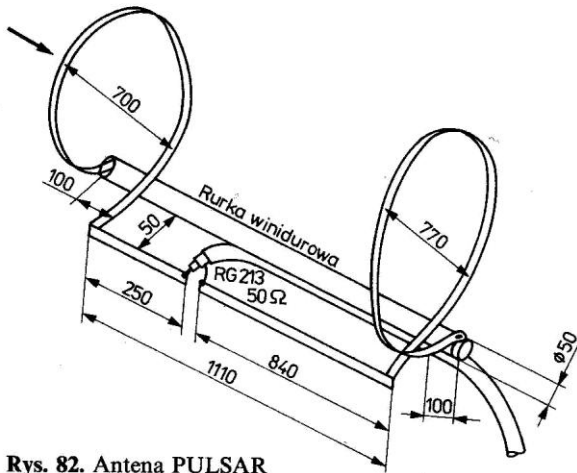
Rys. 81. Transformator gamma

transformatora gamma (rys. 81). Kondensator zmienny tworzy rurka aluminiowa o średnicy 18 mm i długości 250 mm, do środka której wsunięto pręt aluminiowy o średnicy 14 mm i długości 400 mm. Na pręt nasunięto izolacyjną koszulkę termokurczliwą. Rurka jest przymocowana do wibratora za pomocą izolatora wykonanego z płytki poliamidowej. Wsuwany pręt jest połączony galwanicznie z radiatorem za pomocą ruchomego zwieracza, wykonanego z wygiętego paska blachy aluminiowej o grubości 3 mm. Zwieracz może się przesuwac zarówno po pręcie jak i po rurze samego wibratora. Taka konstrukcja zapewnia możliwość dobrego dopasowania anteny do kabla koncentrycznego i osiągnięcia WFS 1:1,2.

W związku z tym, że antena charakteryzuje się kierunkową charakterystyką promieniowania, w celu nawiązania łączności ze stacjami znajdującymi się w różnych kierunkach, należy zastosować obrotnicę antenową. Antena może pracować w obu polaryzacjach. W polaryzacji pionowej maszt, na którym zostanie przykręcona antena musi być wykonany z materiału niemetalicznego, np. może to być rura z włókna szklanego.

3.6.5. Pętlowa antena PULSAR

Jest to stacjonarna, pętlowa antena kierunkowa o zysku ok. 4 dBd (rys. 82) [10]. Tłumienie tył przód (F/B) wynosi 6 dB. Antena pracuje szerokopasmowo, pokrywając zakres trzech „40” na poziomie WFS nie gorszym niż 1:1,2. Impedancja anteny wynosi 50 Ω, przez co można ją zasilać niskoomowym kablem koncentrycznym. Antena, poprzez zastosowanie pętli o długości $1/4 \lambda$, ma mniejsze wymiary a skuteczność podobną do pełnowymiarowej, dwuelementowej anteny typu Yagi. Pętle kołowe wykonano z płaskowników alumi-



Rys. 82. Antena PULSAR

niowych o szerokości 18 mm i grubości 2 mm, które zamocowano do nośnika — rury winidururowej o średnicy 50 mm i długości 1,3 metra. Antena ze względu na niewielki ciężar i wymiary, może być obracana typową obrotownicą telewizyjną.

Częstotliwości radiowe powyżej 30 MHz przyjmuje się powszechnie w radiokomunikacji za zakres UKF (ultrakrótkofalowy). Propagacja fal UKF jest inna niż KF. Im wyższa częstotliwość, tym trudniej fala radiowa ulega ugięciu lub odbiciu od zjonizowanych warstw atmosfery. Z drugiej jednak strony fale ultrakrótkie są praktycznie niewrażliwe na zakłócenia przemysłowe i atmosferyczne. Jest to głównym powodem, dla którego rozgłośnie radiowe i telewizyjne „usadowiły się” na częstotliwościach UKF, mimo ograniczonego zasięgu. Powszechnie uważa się, że w normalnych warunkach, zasięg łączności UKF jest dohoryzontalny, zatem im wyżej zainstalowane są anteny, tym większy zasięg łączności można uzyskać.

W związku z wyższymi częstotliwościami, a co za tym idzie krótszymi długościami fal w zakresie UKF, można konstruować bardziej rozbudowane układy antenowe, o większej liczbie elementów, o większym zysku energetycznym. Drurowe elementy anten są zastępowane konstrukcjami z rur, najczęściej aluminiowymi lub duraluminiowymi, ze względu na ciężar.

Ponadto, zgodność polaryzacji anten jest warunkiem koniecznym do nawiązania łączności w pasmach UKF. Ogólnie dostępnymi pasmami częstotliwości dla krótkofalowców w zakresie UKF są:

50 MHz	— 6 m,
144—146 MHz	— 2 m,
430—440 MHz	— 70 cm,
1,2 GHz	— 23 cm

W niniejszym rozdziale zostaną opisane anteny UKF z podziałem na poszczególne, wymienione pasma.

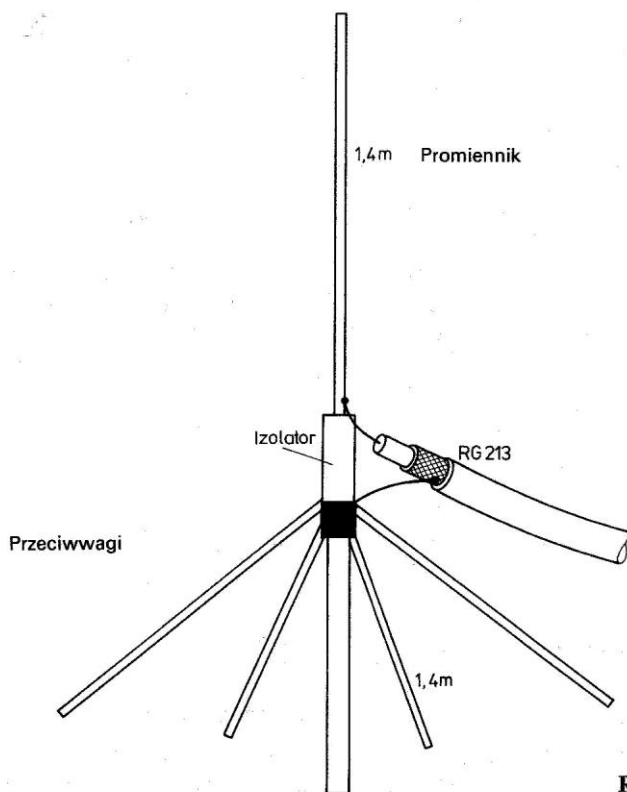
4.1. ANTENY NA PASMO 50 MHz

Pasmo 50 MHz niedawno zwrócone krótkofalowcom polskim po przeszło 35 latach, kiedy to w latach pięćdziesiątych wiele stacji polskich miało pozwolenia na nawiązywanie łączności w tym pasmie. Rozwój telewizji i roz-

poczęcie nadawania programów TV w I kanale (48,5—56,5 MHz) spowodowało odebranie tego zakresu krótkofalowcom. Ze względu na usytuowanie pasma 50 MHz pomiędzy najwyższym zakresem KF — 28 MHz i najniższym UKF — 144 MHz, propagacja fal ma cechy obu pasm. Zasięg łączności zależy w znacznym stopniu od 11-letnich cykli aktywności słonecznej. „Otwarcia” pasma 50 MHz powodują, że można na nim uzyskać łączności DX-owe. „Otwarcia” te są jednak krótkotrwałe i potrzeba wiele obserwacji i cierpliwości, aby na nie trafić i uzyskać łączność dalekiego zasięgu [16]. Pasma 50 MHz nie jest jeszcze w Polsce tak popularne, a jedną z przyczyn jest jeszcze zbyt mała dostępność do sprzętu radiowego i anten. Dokładniej zostaną opisane cztery anteny: dwie dookólne, pionowe i dwie kierunkowe typu Yagi.

4.1.1. Antena GP

Antena ćwierćfalowa typu GP była już omawiana w poprzednich rozdziałach. Podane zostaną zatem jedynie wymiary anteny i szczegóły konstrukcyjne (rys. 83). Promiennik wykonano z rury aluminiowej o średnicy 20 mm i długości 1,4 m osadzonej w izolatorze. Cztery przeciwwagi wykonano z linki miedzianej

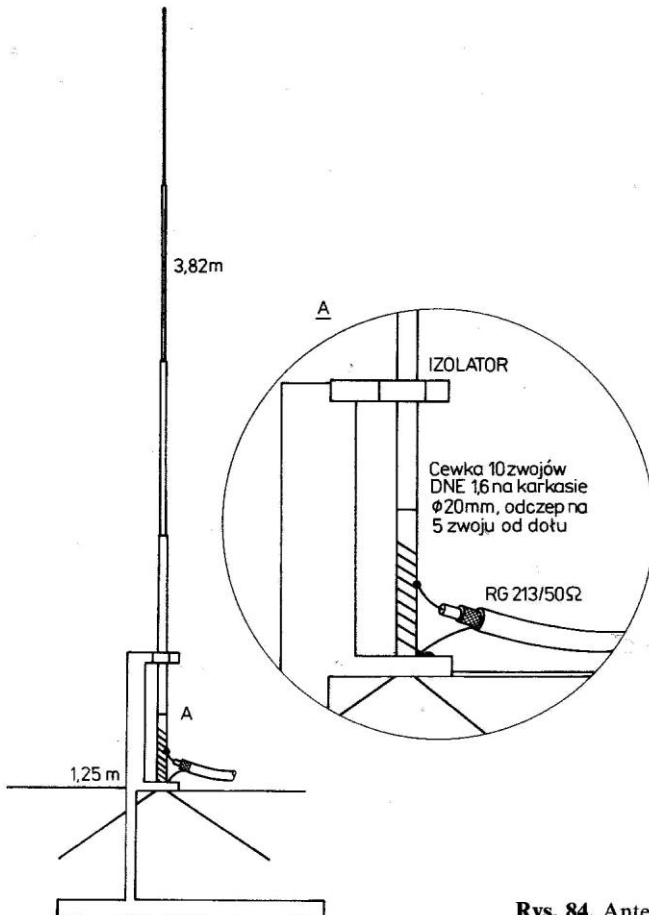


Rys. 83. Antena GP-50 MHz

o średnicy 2 mm, w izolacji, o długości 1,4 m każda. Kąt 135° pomiędzy promiennikiem a przeciwwagami, oraz niesymetryczny charakter anteny sprawia, że może być ona zasilana kablem koncentrycznym o impedancji 50Ω . Minimalna wysokość masztu wynosi 1 metr. Stosując więcej niż cztery przeciwwagi zapewnia się bardziej dookólną charakterystykę promieniowania anteny w polaryzacji poziomej. Kąt promieniowania w płaszczyźnie pionowej wynosi ok. 30° , a zysk energetyczny — 1 dBd (1,14 dBi).

4.1.2. Antena $5/8 \lambda$

Anteną o większym zysku energetycznym niż GP jest $5/8 \lambda$ [17] (3,5 dBd, 5,64 dBi) (rys. 84). Promiennik wykonano z czterech średnic rurek, wciśniętych jedna drugą (22, 20, 18, 16 mm) o łącznej długości 3,82 metra. W koniec dolnej rury wciśnięto poliamidowy karkas cewki, o długości 130 mm i średnicy 20 mm. Cewkę stanowi 10 zwojów drutu DNE 1,6. Odczep na piątym



Rys. 84. Antena $5/8 \lambda$ — 50 MHz

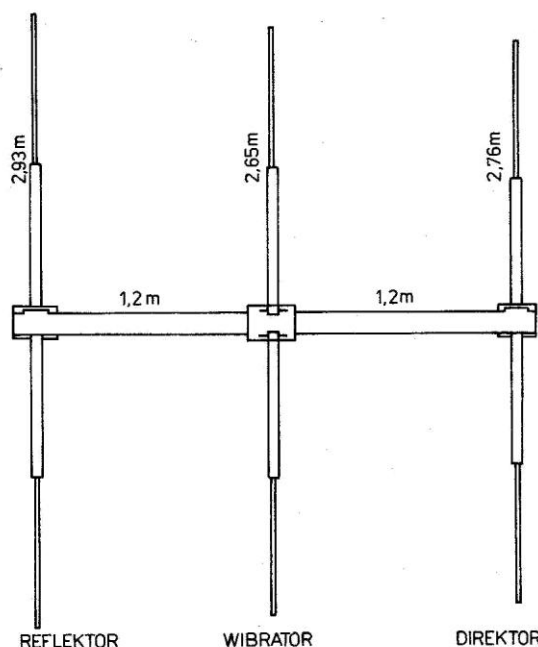
zwoju od uziemionego końca. Antena ma u podstawy cztery przeciwwagi z rurki aluminiowej o średnicy 10 mm i długości 1,25 metra. Zamiast rurek można również zastosować linkę miedzianą w izolacji o średnicy 2 mm. Kąt pomiędzy promiennikiem a przeciwwagami — 90° . Antena została zamocowana w metalowym uchwycie w kształcie litery C. Promiennik musi być odizolowany od uchwytu za pomocą tulejek z tworzywa sztucznego. Stosowanie odciągów, przy stopniowanych średnicach rurek promiennika nie jest konieczne.

Antena ze względu na niski kąt promieniowania (ok. 15°) dobrze sprawuje się w łącznościach na fali przyziemnej.

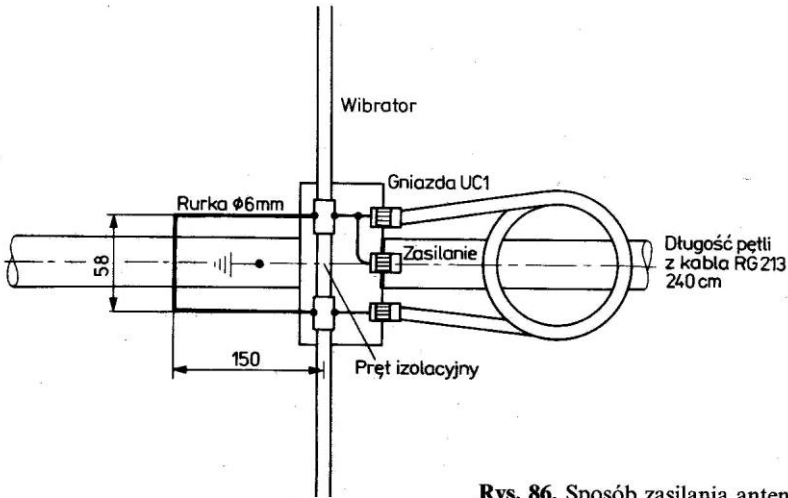
4.1.3. Trzejelementowa antena Yagi

Do łączności DX-owych należy stosować anteny o dużym zysku, takie jak np. kierunkowe anteny typu Yagi. Najprostszą, trzejelementową antenę Yagi, składającą się z wibratora — elementu czynnego oraz reflektora i direktora — elementów biernych, przedstawiono na rysunku 85. Ona ma długość 2,5 m i rozpiętość maksymalną 2,93 m [11]. Sposób zasilania anteny przedstawiono na rysunku 86. Wibrator składa się z dwóch połówek, odizolowanych od nośnika. Wszystkie elementy wykonane z rur aluminiowych o średnicy 16 mm i nośnika o średnicy 40 mm. Dzięki zastosowaniu baluna 4:1 z kabla koncentrycznego impedancja anteny wynosi 50Ω , w związku z czym można ją bezpośrednio zasilać niskoomowym kablem koncentrycznym.

Zysk energetyczny anteny wynosi ok. 6 dBd, a stosunek promieniowania przedniego do wstecznego — 15 dB.



Rys. 85. Trzejelementowa antena Yagi



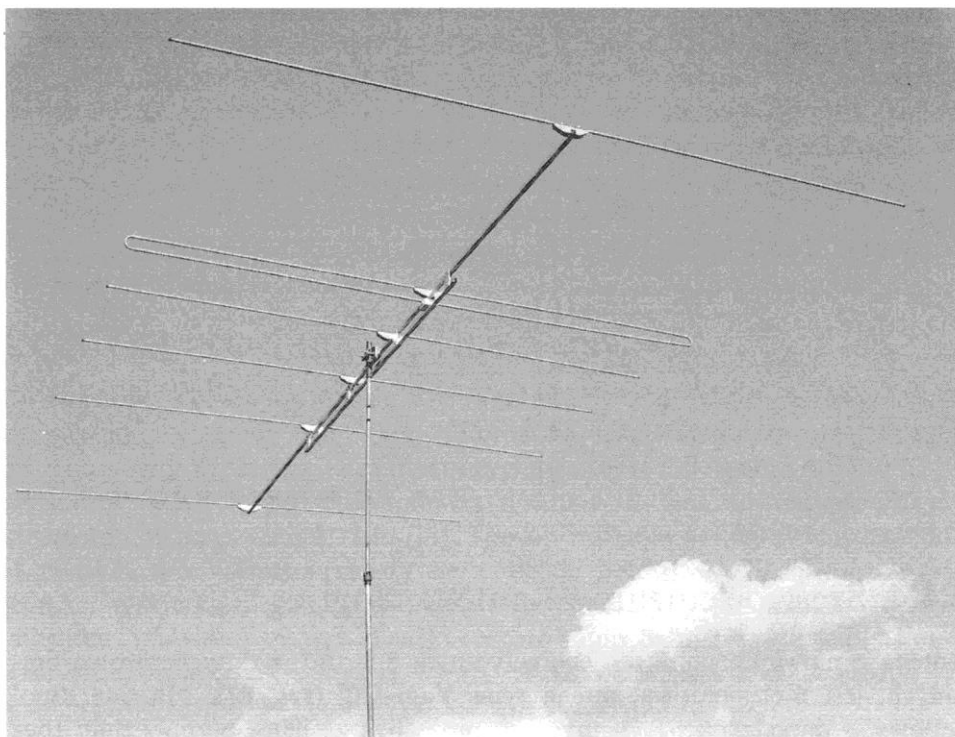
Rys. 86. Sposób zasilania anteny Yagi

4.1.4. Sześćcioelementowa antena Yagi

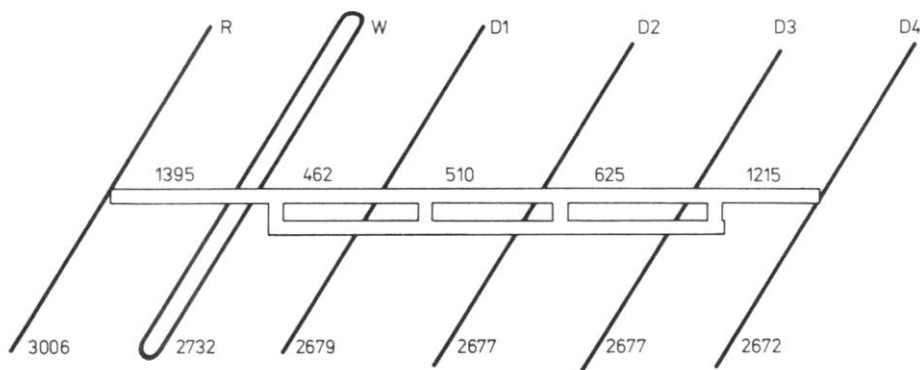
Anteną o największym zysku energetycznym 8,5 dBd, z dotychczasowo opisanych, jest 6-elementowa antena typu Yagi [20] (rys. 87). Ma ona dipol pętlowy o impedancji 62 Ω , przez co może być zasilana bezpośrednio (bez większych strat) kablami o impedancji 50 lub 75 Ω . Wymiary anteny przedstawiono na rysunku 88. Wszystkie elementy wykonano z rur aluminiowych o średnicy 12 mm. Dla ułatwienia konstrukcji wszystkie elementy składają się z dwóch połówek, połączonych razem na nośniku. W związku z tym, że na górnej rurze dipola, w środku, występuje zero napięcia w.c.z., może on być połączony mechanicznie i galwanicznie z nośnikiem. Dolne końce dipola zamocowano w typowej, telewizyjnej puszcze antenowej, do której wprowadzono zasilający kabel koncentryczny. Nośnikiem anteny jest rura kwadratowa 20 \times 20 mm. Antenę, w celu wzmocnienia konstrukcji, wyposażono w dodatkową rurę 20 \times 20 mm o długości 2,5 m, zamocowaną czterema stalowymi kłami, równoległe pod nośnikiem.

Parametry anteny:

Zysk energetyczny	8,5 dBd
Długość boomu	4,0 m
Tłumienie tył—przód	16 dB
Kąt promieniowania	
	H 95°
	V 65°
Impedancja	50 Ω
WFS	< 1 : 1,3
Ciężar	7 kg



Rys. 87. Sześćcioelementowa antena Yagi — 50 MHz



Rys. 88. Wymiary anteny

Wysokość dipola 73 mm, odstęp między końcami dipola 30 mm, *R* — reflektor, *W* — wibrator, *D1* ÷ *D4* — direktory

4.1. ANTENY NA PASMO 144 MHz

Pasmo 144—146 MHz (2 metry) jest najpopularniejsze wśród pasm amatorskich UKF. Liberalizacja przepisów dotyczących radiokomunikacji amatorskiej, spowodowała możliwość nadawania ze stacji przenośnych i przewoźnych, a przez to i wzrost zainteresowania pasmem 144—146 MHz. Dodatkowo, zmniejszenie dysproporcji złotówki do dolara spowodowało większą dostępność sprzętu radiowego dla polskich krótkofalowców. Pośrednio, na zwiększenie liczby krótkofalowców z drugą kategorią licencji, miał rozwój CB.

Wszystkie w/w czynniki oraz rozwój sieci przemienników dwumetrowych powiększył zainteresowanie krótkofalowców sprzętem i antenami pasma 2-metrowego. W pasmie tym używa się głównie dwóch rodzajów modulacji:

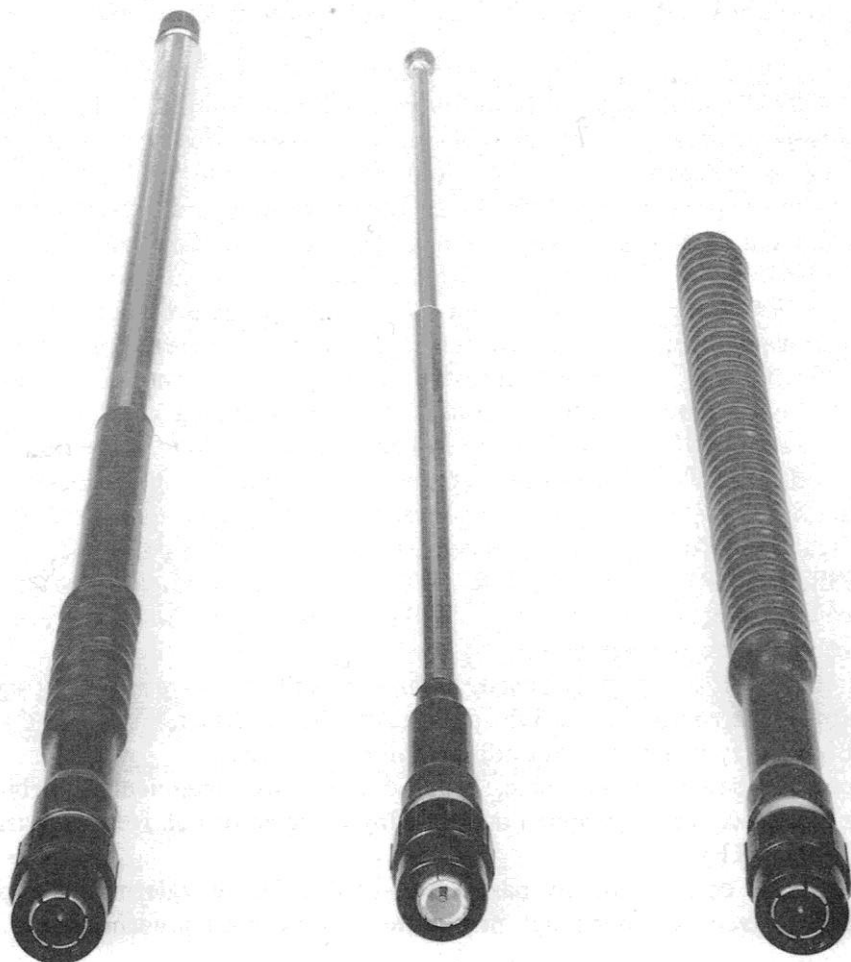
- 1) FM — dla łączności lokalnych (do 100 km) z pionową polaryzacją anten. W zakresie 145 200—145 800 kHz. Łączności poprzez przemienniki, stacje mobile (przewoźne) i portable (przenośne). Modulację FM używa ponad 90% ultrakrótkofalowców. Występowanie sporadycznych warunków propagacyjnych umożliwia osiągnięcie zasięgów rzędu kilkuset kilometrów.
- 2) SSB, CW — dla łączności DX, przy poziomej polaryzacji anten, głównie wieloelementowych, typu Yagi. Wykorzystuje się również do specjalnych technik łączności, takich jak:
 - odbicia fali od sporadycznych, zjonizowanych warstw atmosfery, spowodowanych zorzą polarną lub spadającymi meteorami,
 - EME (przy wykorzystaniu odbicia fali od księżyca),
 - poprzez satelity amatorskie, które działają jak przemienniki orbitalne, z tą różnicą, że nadawanie i odbiór odbywa się na dwóch różnych pasmach (KF i UKF).

W rozdziale opisano anteny pasma 144—146 MHz, w zależności od przeznaczenia: przenośne (portable), przewoźne (mobile) i stacjonarne.

4.2.1. Anteny portable

Anteny do radiotelefonów przenośnych nie mogą być zbyt długie, gdyż byłyby niewygodne do przenoszenia i mogłyby łatwo ulec uszkodzeniu. Do najbardziej popularnych anten portable należą anteny helikalne. Przy słabej słyszalności, celem zwiększenia zasięgu, stosuje się anteny $1/4$ i $5/8 \lambda$ (rys. 89).

Antena helikalna jest najkrótszą, a przez to najmniej efektywną anteną stosowaną w przenośnych radiotelefonach UKF [18]. Stanowi ją drut stalowy lub miedziany, nawinięty na elastycznej rurce z tworzywa (rys. 90). Długość anteny helikalnej wynosi ok. $0,1 \lambda$, a długość nawiniętego drutu od $1/2$ do $3/4 \lambda$. Impedancja anteny helikalnej wynosi ok. 50Ω . Pojemność między zwojami cewki anteny powoduje to, że w rezonansie zachowuje się jak $3/4 \lambda$ [7]. Antena jest bardzo „czuła” na przedmioty i osoby znajdujące się w jej otoczeniu. Wpływ pojemności ciała operatora powoduje nawet zmianę często-



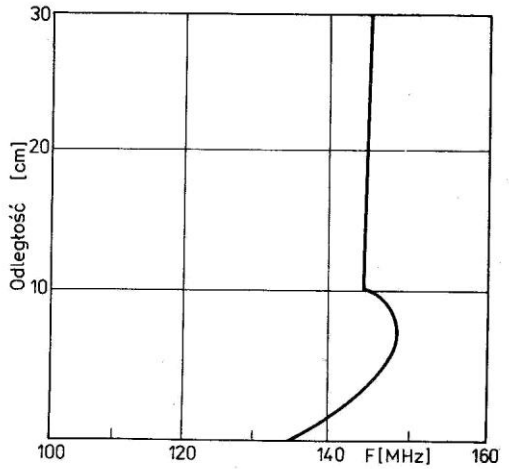
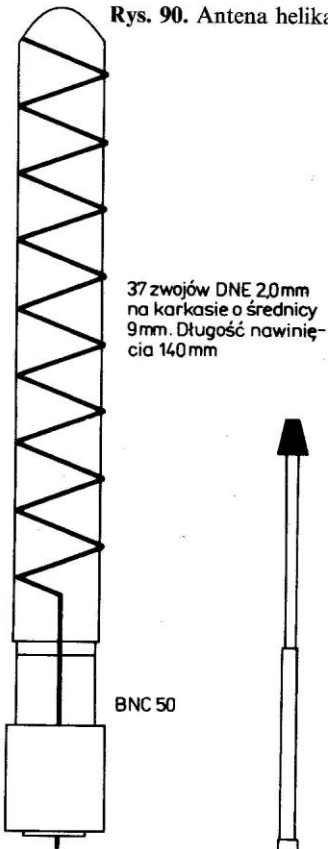
Rys. 89. Anteny portable

tliwości rezonansowej anteny (rys. 91). Antena helikalna ma zysk o ok. 5 dB mniejszy od swojego „rozwiniętego” odpowiednika.

Antenę wykonano z drutu miedzianego, który wprowadza mniejsze straty na grzanie, zwiniętego w cewkę o długości 150 mm, na którą naciągnięto koszulkę termokurczliwą. Antena została zakończona wtykiem typu BNC 50, najczęściej stosowanym w radiotelefonach portable.

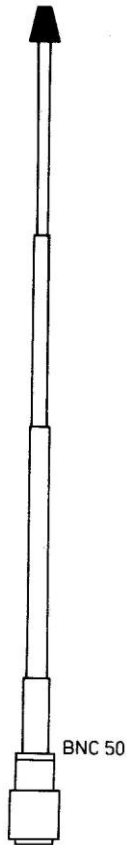
Następnym rodzajem anten do radiotelefonów przenośnych są anteny ćwierćfalowe. Dotychczas wykonywano je z hartowanego paska stalowego

Rys. 90. Antena helikalna



Rys. 91. Zależność częstotliwości rezonansowej anteny helikalnej od odległości od operatora

BNC 50



Rys. 92. Antena teleskopowa $1/4 \lambda$
Całkowita długość anteny po wysunięciu 49 cm

Rys. 93. Antena teleskopowa $5/8 \lambda$

Długość promiennika teleskopowego wynosi 120 cm. Cewka — 8 zwojów drutu DNE 1,2 na karkasie 9 mm. Długość nawinięcia 60 mm. Cewka łączy szeregowo promiennik z żyłą „gorącą” wtyku BNC 50



BNC 50

o szerokości ok. 20 mm. Nowoczesnym rozwiązaniem jest zastosowanie anteny teleskopowej [20], która po złożeniu ma długość ok. 150 mm (rys. 92).

Charakterystyka promieniowania anteny ćwierćfalowej jest dookólna, a w płaszczyźnie pionowej kąt promieniowania wynosi ok. 45° . Zysk energetyczny $1/4 \lambda$ — 1 dBd. Antena pracuje skuteczniej od anteny helikalnej.

Najdłuższą anteną do radiotelefonów przenośnych, a przez to najbardziej skuteczną jest $5/8 \lambda$ (rys. 93). Daje ona zysk energetyczny — 3 dBd [20]. Po rozłożeniu całkowita długość wynosi 130 cm. Po złożeniu — 30 cm, co wraz z cewką wydłużającą daje $1/4 \lambda$. Charakterystyka promieniowania anteny w płaszczyźnie poziomej jest dookólna, w płaszczyźnie pionowej kąt promieniowania wynosi ok. 25° . Antena została wykonana z promiennika teleskopowego oraz cewki wydłużającej, obciążonej koszulką termokurczliwą. Przeprowadzone próby wskazują, że zasięg między stacją bazową a radiotelefonem nasobnym z anteną $5/8 \lambda$ wynosi nawet 20 km! Przy całkowicie wysuniętej antenie, radiotelefon należy trzymać pionowo i nie wykonywać nim gwałtownych ruchów, aby nie spowodować uszkodzenia gniazda antenowego.

4.2.2. Anteny mobile

Obecnie stosuje się wiele anten samochodowych o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych i o różnym przeznaczeniu. Konstrukcja anteny mobilnej musi spełniać kilka podstawowych wymogów, ze względu na specyficzne warunki, w których pracuje. Antena samochodowa musi być anteną dookólną, o polaryzacji pionowej. Narzuca to dwa podstawowe warunki dotyczące jej budowy i wymiarów. Pierwszą sprawą jest długość mechaniczna związana z wielokrotnością długości fali. Doświadczenia konstruktorów wskazują, że długość ta nie powinna przekraczać 1,5 m dla pojazdów w ruchu. Wiąże się to również z bezpieczeństwem. Przejazd wysokiego pojazdu z długą anteną pod trakcją elektryczną (np. tramwajową) mogłoby być niezbyt przyjemne dla radiotelefonu, jak również dla użytkownika, z czego nie zdają sobie sprawy niektórzy koledzy CB-owcy.

Drugim ograniczeniem jest konstrukcja mechaniczna. Promiennik pionowy nie może być zbyt sztywny, gdyż przejeżdżając np. pod gałęziami lub wjeżdżając do garażu mogłby się złamać, zgiąć lub co gorsze wyrwać uchwyt mocujący, powodując uszkodzenie samochodu, a nawet kolizję z innymi pojazdami. Promiennik taki musi być elastyczny. Zadanie to najlepiej spełnia stalowy pręt hartowany o średnicach od 2 do 6 mm, który podczas jazdy poddaje się naporowi powietrza.

Rozważając długość anteny, a z drugiej strony średnicę promiennika nasuwa się pytanie jaka średnica byłaby najlepsza tzn., aby podczas jazdy promiennik nie „odchodził” za bardzo od pionu? Za mała średnica — lekki promiennik — duże odchylenia. Duża średnica — ciężki promiennik — średnie odchylenia — niebezpieczeństwo uszkodzenia anteny lub mocowania przy

zderzeniu z gałęziami. Najlepszym rozwiązaniem jest zatem zastosowanie promiennika o zmiennej smukłości. Smukłość określa się w tym przypadku stosunkiem średnicy do długości promiennika. Jest wiele takich rozwiązań w technice jak np. zwężające się ku górze kominy, wieże, piramidy egipskie czy chociażby... zwykła wędka do łowienia ryb! Nie trzeba sięgać do nauki o wytrzymałości materiałów, aby intuicyjnie wyczuć, że antena o zmniejszającej się ku górze średnicy będzie lepiej „trzymała pion”, niż wykonana z pręta o jednakowej średnicy. Wiąże się to z rozkładem ciężaru promiennika na jego całej długości. Pręty „stożkowe” są zatem najlepsze jako promienniki do anten samochodowych, lecz mają jedną podstawową wadę... wysoką cenę! Nie wszyscy sobie zdają sprawę, że połowę ceny większości anten samochodowych stanowi sam promiennik! (ok. 20—40 zł). Jest to pręt hartowany, najczęściej ze specjalnej stali kwasoodpornej, walcowany na gorąco „w stożek”. Można go zwinąć w okrąg o średnicy 15 cm i po rozwinięciu (po kilku dobach), nie ulegnie zdeformowaniu, nadal będzie prosty. Niestety w Polsce nikt nie produkuje takich prętów.

W praktyce nie stosuje się zawsze anten o maksymalnych, możliwych długościach na pojazdach, a co za tym idzie o zwiększonym zasięgu. Niekiedy jest to wręcz niepożądane np. anteny przewożne kolejowe. Nie są również potrzebne anteny mobilowe o dużym zysku, wszędzie tam gdzie istnieje duże nasycenie przemiennikami lub mała odległość operowania pojazdów (np. jazdy policyjne). W takich przypadkach wystarczy użycie anten ćwierćfalowych.

Ponadto długie anteny wzbudzają nadmierne zainteresowanie i mogą kojarzyć się z antenami CB, staną się łatwym łupem złodziei.

4.2.2.1. Rodzaje mocowania anten mobile

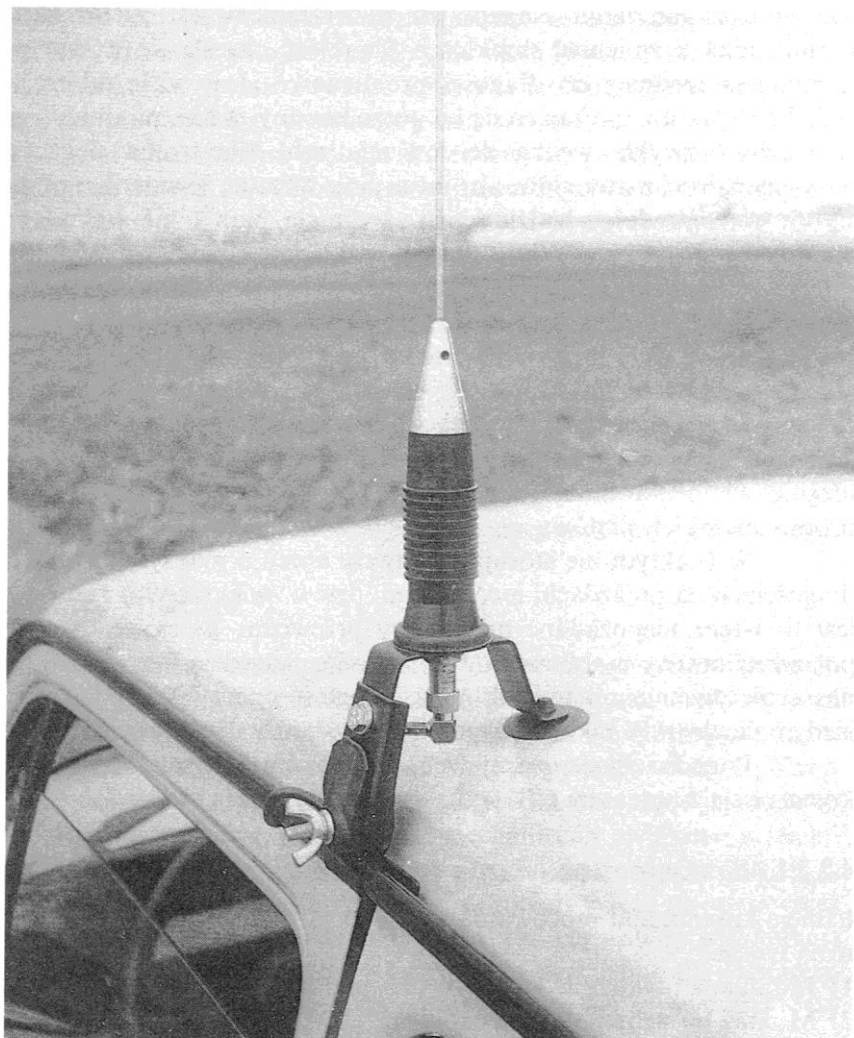
Istnieje kilka metod mocowania anten na pojazdach. Do najczęściej stosowanych należą:

- 1) Montaż w otworze w karoserii (na „motylek” lub gniazdo UC-1),
- 2) Montaż na uchwycie rynienkowym,
- 3) Montaż na podstawie magnetycznej,
- 4) Montaż na krawędziach pokryw bagażników, zderzakach, poprzeczkach dachowych,
- 5) Montaż na szybie (przyklejane i nasadzone).

Każdy rodzaj montowania ma swoje zalety i wady.

Montaż w otworze w karoserii

W otworze wywierconym w najwyższym miejscu karoserii samochodu (najczęściej na dachu) zamocowana jest bezpośrednio antena lub tzw. „główka”, na śrubę motylkową lub gniazdo UC-1. Na „główkę” nakręca się następnie antenę. Taki sposób montażu jest najbardziej profesjonalny! Blacha karoserii jest naturalną przeciwwagą dla anteny w miejscu podłączenia, co sprawia, że pracuje ona bardzo efektywnie a jej charakterystyka jest dookólna. Wadą tego

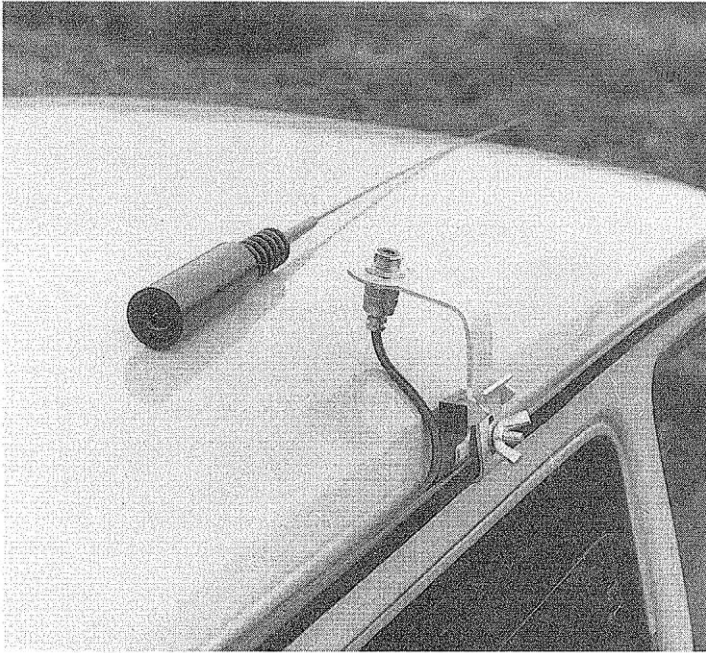


Rys. 94. Uchwyt rynienkowy z przyssawką

rozwiązania jest niestety konieczność „okaleczenia” samochodu i większa podatność na korozję pod uszczelką.

Montaż na uchwycie rynienkowym

Antena zamocowana jest na uchwycie rynienkowym, przykręconym z boku dachu do rynienki samochodowej (jeżeli pojazd ją ma) (rys. 94). Antena może być przymocowana do uchwytu na stałe lub z wykorzystaniem „główki” UC-1. Istnieje kilka rozwiązań uchwytów rynienkowych: z przyssawką gumową (rys. 94) — dwa punkty podparcia, lub na wysięgniku przykręcanym w rynnę (rys. 95).



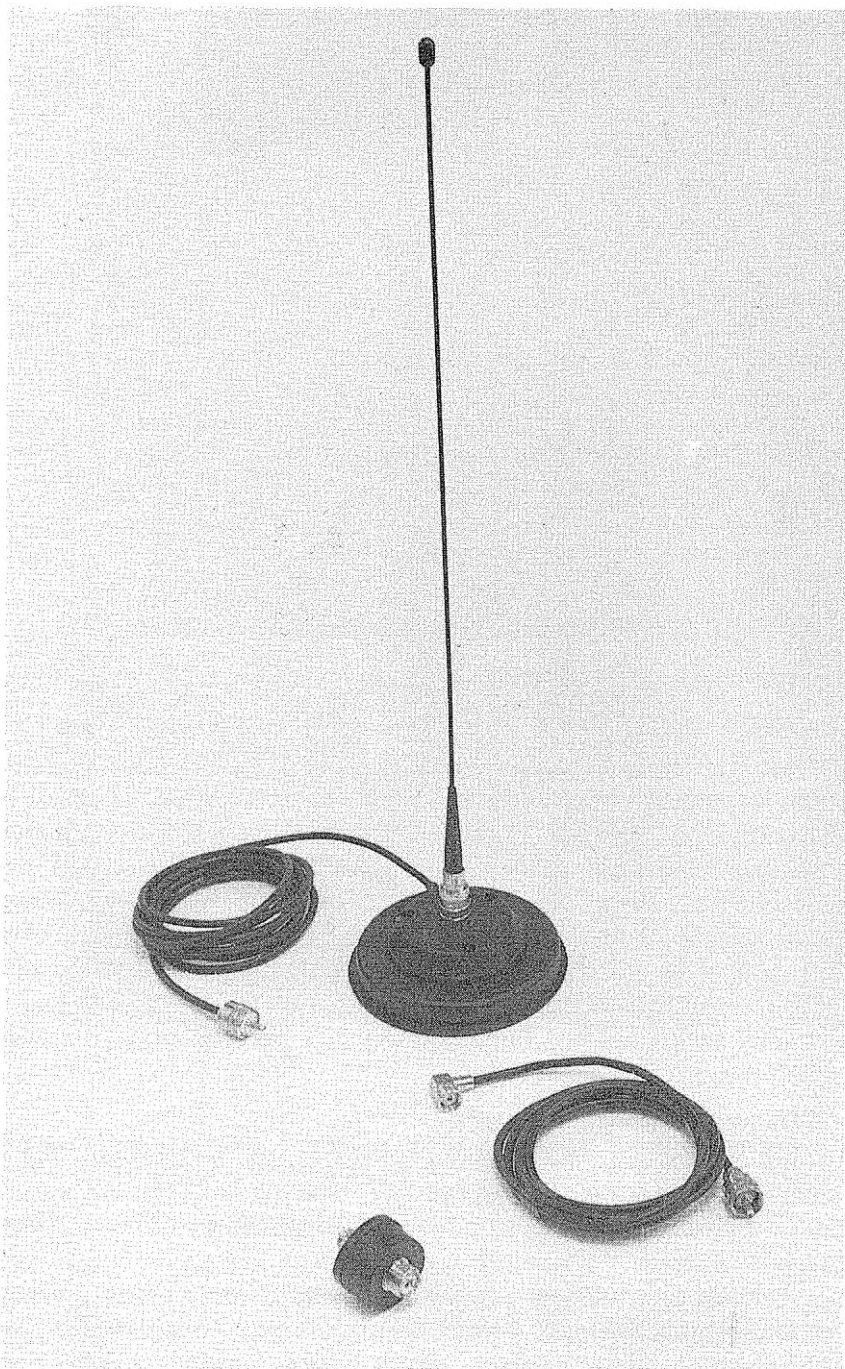
Rys. 95. Uchwyt rynienkowy (UNICON)

Montaż rynienkowy jest rozwiązaniem kompromisowym pomiędzy sprawnością anteny a ingerencją w karoserię. Uchwyt z anteną jest łatwo demontowalny, nie „kaleczy” karoserii, ale antena zachowuje się chimerycznie, gdyż nie jest połączona galwanicznie z karoserią samochodu w miejscu zamocowania do rynienki. Antena ma „masę” tylko przez oplot kabla zasilającego, ale dla prądów w.c.z. nie jest to uziemienie efektywne. Antena jest wówczas „czuła” na sposób poprowadzenia kabla do wnętrza samochodu oraz na jego długość. Ponadto charakterystyka promieniowania, ze względu na przesunięcie anteny na krawędź dachu, z kołowej staje się elipsoidalna na kierunku tył-przód pojazdu.

Montaż na podstawie magnetycznej

Antena jest przykręcona do podstawy magnetycznej, zakończonej najczęściej gniazdem UC-1 (rys. 96). Podstawę magnetyczną stanowi zespół silnych magnesów stałych, w płaskiej obudowie, zabezpieczonej od spodu gumową uszczelką.

Taki sposób montażu jest bardzo elegancki, lecz najdroższy ze wszystkich wymienionych. Jest łatwy w użytkowaniu i szybki. Wystarczy postawić podstawę z anteną na dachu samochodu i wprowadzić kabel do wnętrza. Pomimo iż antena nie ma galwanicznego połączenia z karoserią pracuje dość skutecznie, na zasadzie sprzężenia pojemnościowego. Ze względu na łatwość



Rys. 96. Podstawa magnetyczna

demontażu przy każdym opuszczaniu samochodu antenę należy zdjąć i schować. Do istotnej wady należy zaliczyć możliwość oderwania się podstawy od dachu przy przekroczeniu prędkości 150 km/h lub podczas mijania samochodów ciężarowych, powodujących silny podmuch powietrza. Charakterystyka promieniowania przy ustawieniu podstawy na środku dachu jest dookólna-kołowa.

Montaż na krawędziach pokryw bagażników, zderzakach, poprzeczkach dachowych

Istnieją różne uchwyty mocujące, w zależności od marki samochodu. Do bardziej rozpowszechnionych należą wsuwane uchwyty na tylną pokrywę bagażnika. Rozwiązanie takie ma wady i zalety uchwytu rynienkowego, chyba, że śruby mocujące zostaną poprzez lakier dokręcone do blachy karoserii. Poprawia się wówczas skuteczność anteny. Charakterystyka dookólna — zbliżona do kołowej.

Montaż na zderzaku nie jest polecany ze względu na niskie położenie anteny i deformację charakterystyki anteny ku przodowi.

Montaż na szybie

Istnieją dwa rodzaje montażu naszybnego:

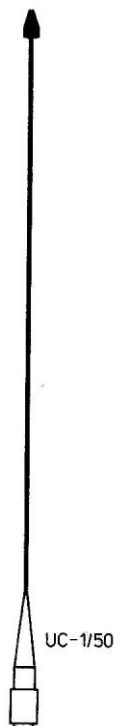
- uchwyt wsuwany na boczną (opuszczoną) szybę pojazdu. Energia w.c.z. przekazywana jest cienkim kablem, który wraz z uchwytem wsuwa się w uszczelkę, przy podniesieniu szyby do góry — wady i zalety jak w przypadku uchwytu rynienkowego,
- antena i sprzęgacz przyklejone po obu stronach, do tylnej szyby pojazdu. Sprzężenie pojemnościowe.

4.2.2.2. Antena $1/4 \lambda$

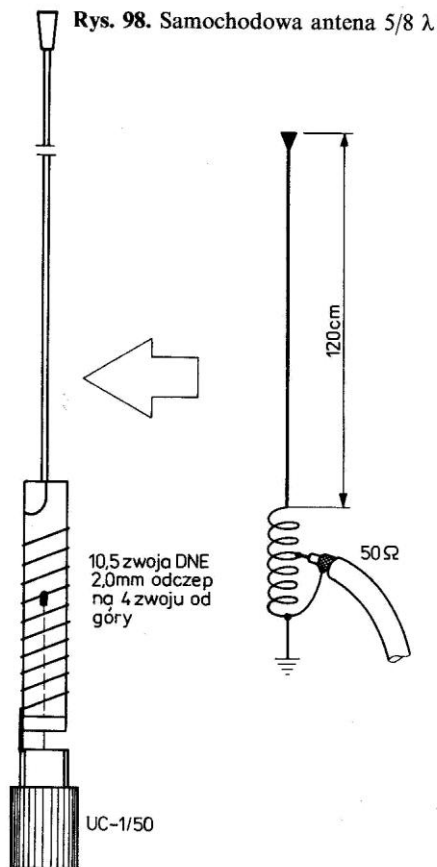
Antenę wykonano z pręta stalowego o średnicy 2,5 mm, zakończonego wtykiem typu UC-1/50 Ω [20], przez co może być łatwo montowana na typowych „główkach” UC-1 w karoserii samochodu lub na podstawie magnetycznej (rys. 97). Alternatywnym rozwiązaniem mocowania jest uchwyt rynienkowy, opisany powyżej.

Parametry techniczne anteny:

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 1. Częstotliwość pracy anteny | 144—146 MHz |
| 2. Długość elektryczna | $1/4 \lambda$ |
| 3. Długość mechaniczna | 49 cm |
| 4. Zysk energetyczny | -1 dBd (1,14 dBi) |
| 5. Impedencja | 50 Ω |
| 6. WFS | < 1 : 1,2 |
| 7. Kąt promieniowania | ok. 45° |
| 8. Moc maksymalna | 50 W |
| 9. Ciężar | ok. 0,15 kg |



Rys. 97. Samochodowa antena $1/4 \lambda$
Długość całkowita anteny wynosi 49 cm.
Promiennik stalowy o średnicy 2,5 mm,
w koszulce termokurczliwej, połączony
z „żyłą gorącą” UC 1/50



Rys. 98. Samochodowa antena $5/8 \lambda$

Praktyczny zasięg z anteny ćwierćfalowej, przy mocy nadajnika 10 W ze stacją bazową wynosi — do 20 km.

4.2.2.3. Antena $5/8 \lambda$

Antena $5/8 \lambda$ powstaje przez wydłużenie anteny półfalowej (rys. 98). Powoduje to obniżenie kąta promieniowania anteny do ok. 15° , co jest korzystne zwłaszcza w łącznościach FM na fali przyziemnej. Antena przy długości ok. 120 cm zapewnia zysk energetyczny ok. 3,5 dB! Obie te cechy anteny sprawiają, że jest ona niezastąpiona w łącznościach ze stacjami bazowymi na odległości do 50 km! Charakterystyka promieniowania w płaszczyźnie poziomej — dookólna [20].

Antena $5/8 \lambda$ stanowi zwartą konstrukcję wibratora z cewką wydłużającą, zakończoną wtykiem UC-1/50 Ω . Wibrator wykonano z pręta stalowego 3 mm, hartowanego, obciążonego koszulką termokurczliwą. Cewka nawinięta jest na karkasie poliamidowym i wklejona wraz z gniazdem do rurki winidurowej (rys. 99).



Rys. 99. Samochodowe anteny $5/8 \lambda$ różnych typów

Antena może być zamocowana w typowej „główce” UC-1 na karoserii samochodu, na podstawie magnetycznej lub na uchwycie rynienkowym.

Parametry techniczne:

- | | |
|------------------------|--------------------|
| 1. Częstotliwość pracy | 144—146 MHz |
| 2. Długość elektryczna | $5/8 \lambda$ |
| 3. Długość mechaniczna | 130 cm |
| 4. Zysk energetyczny | 3,5 dBd (5,64 dBi) |
| 5. Impedencja | 50Ω |
| 6. WFS | < 1 : 1,2 |
| 7. Kąt promieniowania | 15° |
| 8. Moc maksymalna | 50 W |
| 9. Ciężar | 0,3 kg |

Antena po sklejeniu jest hermetyczna i może być stosowana również na łodziach i jachtach.

4.2.2.4. Anteny naszybne, ze sprzężeniem pojemnościowym

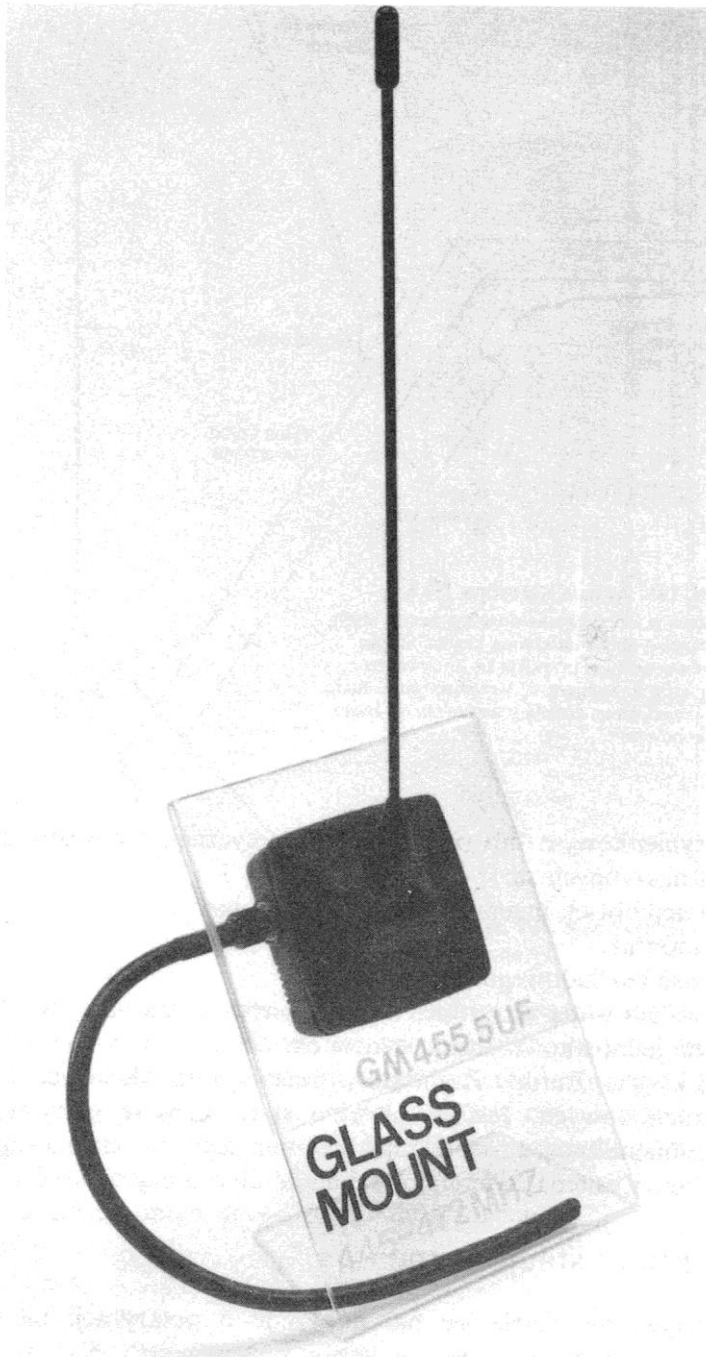
Ostatnio na rynku zagranicznym zaczęły pojawiać się samochodowe anteny, przyklejane do szyby (rys. 100). Antena zewnętrzna działa na zasadzie sprzężenia pojemnościowego, jako okładka kondensatora [23]. Sprzęgacz przyklejony wewnątrz samochodu jest drugą okładką kondensatora, a szyba izolatorem pomiędzy okładkami. Obecnie wykorzystuje się te anteny do samochodowych telefonów komórkowych oraz do radiotelefonów amatorskich w pasmie 145 i 430 MHz.

Antena zewnętrzna jest przymocowana do podstawy metalowej, na obrotowym zawiasie, umożliwiającym regulację kąta jej pochylenia. Podstawa od spodu ma gąbkę adhezyjną, nasączoną silnym klejem. Naklejenie anteny polega na przyłożeniu i przyciśnięciu podstawy do oczyszczonej alkoholem tylnej szyby samochodu, w odległości ok. 10 cm od krawędzi dachu. Analogicznie, po drugiej stronie szyby, dokładnie w miejscu przyklejenia podstawy anteny, przyklejony jest sprzęgacz, w postaci pudełka o wymiarach $50 \times 50 \times 15$ z wbudowanym gniazdem UC-1 (PRO-AM). Podstawa zewnętrzna po przyklejeniu do szyby zostaje uszczelniona pianką poliuretanową, na krawędziach, w celu niedopuszczenia do gąbki adhezyjnej wody i zanieczyszczeń. Klej zastosowany do przyklejenia podstawy i sprzęgacza jest bardzo silny i nigdy nie wysycha, przez co demontaż anteny staje się łatwą operacją. Polega ona na wsunięciu w spoinę plastikowej szpatułki i oderwaniu przyklejonego elementu. Firmy produkujące anteny naszybne załączają zestaw do montażu i demontażu (pianka silikonowa, szpatułka, tampon nasycony alkoholem itp.).

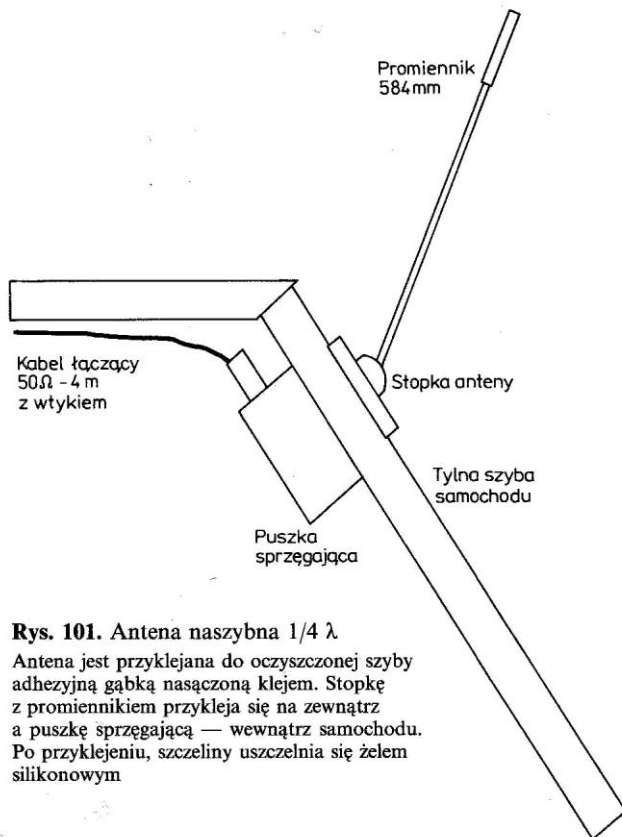
Cała „tajemnica” działania anteny mieści się w pudełku ze sprzęgaczem. Niestety nie ma w środku nic rewelacyjnego jak tylko... płytka z dwustronnego laminatu z fantazyjnie wytrawionymi i pocynowanymi ścieżkami. Tworzą one rozwiniętą powierzchnię „wewnętrznej okładki kondensatora”. Kształt ścieżek jest zależny od częstotliwości pracy anteny. Należy zwrócić uwagę, że anteny naszybne mają większą długość niż odpowiadające im wielokrotności długości fali. Wiąże się to z koniecznością kompensacji szeregowej pojemności (szyba), która skraca fizyczną długość anteny, odwrotnie jak cewka. Kabel podłączony jest do sprzęgacza i poprowadzony pod tapicerką do radiotelefonu.

Na rysunku 101 przedstawiono antenę naszybną pracującą w zakresie 144—146 MHz, przy SWR na krańcach przedziału nie gorszym niż 1:1,5. Antena ta ma długość elektryczną $1/4 \lambda$, ale z opisanych względów jej długość fizyczna wynosi 584 mm!, zysk energetyczny — 2 dBi (0 dBd = 2,14 dBi), a maksymalna moc — 25 W; wymiary sprzęgacza — 50×38 mm.

Dłuższe anteny naszybne niż $1/4 \lambda$, nie mają racji bytu, ze względu na niewielką siłę połączenia klejowego, w porównaniu np. do zamocowania na



Rys. 100. Samochodowa antena naszybna ze sprzężeniem pojemnościowym



Rys. 101. Antena naszybna $1/4 \lambda$

Antena jest przyklejana do oczyszczonej szyby adhezyjną gąbką nasączoną klejem. Stopkę z promiennikiem przykleja się na zewnątrz a puszkę sprzęgającą — wewnątrz samochodu. Po przyklejeniu, szczeliny uszczelnia się żelem silikonowym

uchwycie rynienkowym lub podstawie magnetycznej. Najważniejszymi zaletami anten naszybnych są:

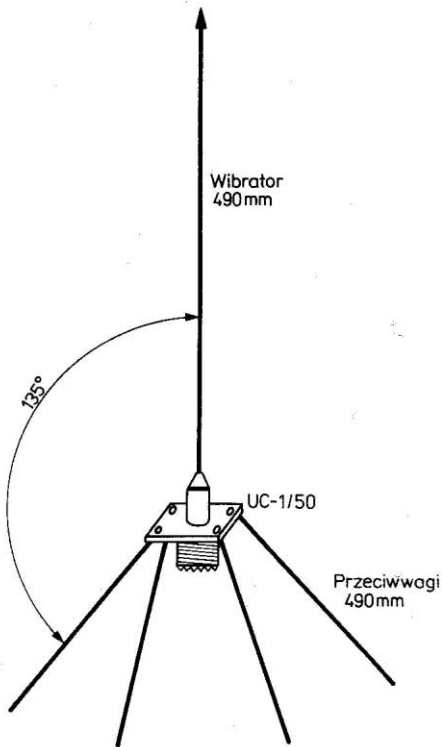
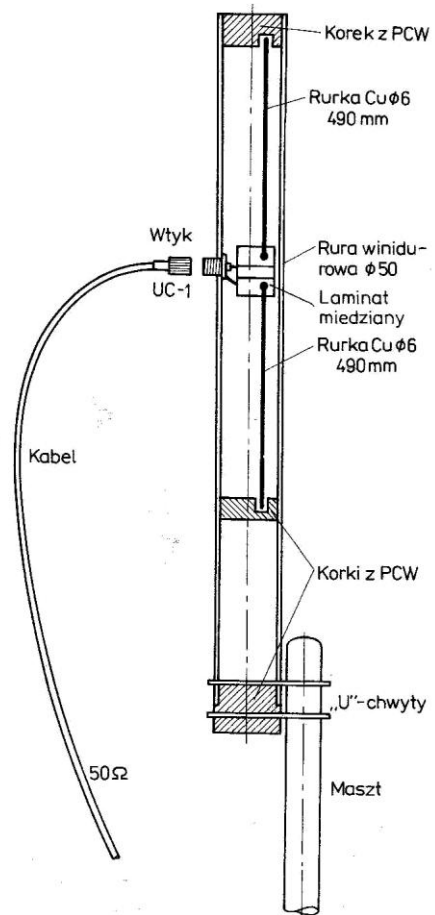
- brak jakiegokolwiek ingerencji w karoserię pojazdu,
- szybki montaż,
- możliwość bezśladowego demontażu.

Jedyną poważną wadą wszystkich wymienionych anten naszybnych jest ich... wysoka cena jednostkowa, która wynosi ok. 100 DM.

W krajach Europy Zachodniej obserwuje się odchodzenie od długich anten samochodowych. Jest to głównie spowodowane gęstym pokryciem terenu przemiennikami amatorskimi. Wskutek tego, w celu nawiązania łączności, wystarczy antena ćwierćfalowa i nadajnik o mocy 5 W.

4.2.3. Anteny stacjonarne

Anteny stacjonarne dzielą się na: dookólne o polaryzacji pionowej oraz kierunkowe, które można stosować w obu polaryzacjach. Najprostszą anteną dookólną jest, już wielokrotnie opisywana, antena ćwierćfalowa typu GP. Dla pasma 144-146 MHz ma ona długość 49 cm, tyle samo co każda z przeciwwag.

Rys. 102. Stacjonarna antena $1/4 \lambda$ 

Rys. 103. Stacjonarny, półfalowy dipol pionowy

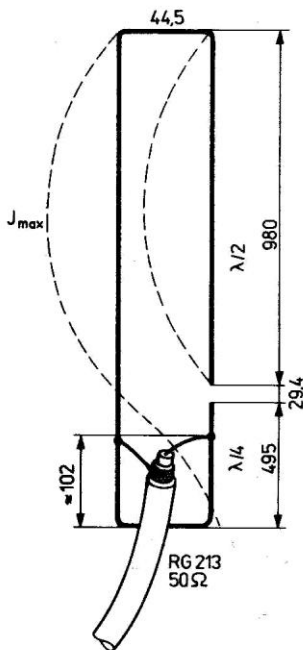
Kąt pomiędzy promiennikiem a przeciwwagami wynosi 135° . Najprostszą metodą wykonania takiej anteny jest sposób, polegający na zastosowaniu gniazda UC-1/50 z kołnierzem kwadratowym, odwróconym częścią gwintowaną do dołu [13]. Do „żyły gorącej” przyłutowano w charakterze promiennika, szprychę rowerową, z których wykonano również przeciwwagi, przyłutowując je w narożnikach kwadratowego kołnierza (rys. 102).

Poza anteną GP do anten dookólnych należą również:

- dipol pionowy $1/2 \lambda$,
- antena $5/8 \lambda$,
- anteny kolinearne.

Do anten kierunkowych można zaliczyć:

- anteny typu Yagi,
- anteny logarytmiczno-periodyczne (LPDA) i LPY.



Rys. 104. Antena „Slim Jim”

Dipol półfalowy na pasmo dwumetrowe można wykonać z dwóch odcinków rurki miedzianej o średnicy 6 mm i długości 49 cm każda. Po rozplaszczeniu końców obu rurek, przylutowano je do płytki z laminatu, miedziowanego jednostronnie, z dwoma punktami lutowniczymi (rys. 103). Na płytce przylutowano bezpośrednio gniazdo UC-1/50. „Żyła gorąca” musi być przylutowana do górnej połówki dipola, ekran (masa) do dolnej. Kabel należy przykręcić do anteny poprzez wtyk UC-1/50 i poprowadzić go pod kątem 90° do dipola, co najmniej na długości 0,5 m. Antenę po zmontowaniu wprowadzono do rurki winidurkowej o średnicy 50 mm, długości 170 cm i wklejono z obu stron korki tworzywa. Jednocześnie wyprowadzono na zewnątrz nagwintowaną część gniazda UC1/50. Dolny koniec rury przykręcono do masztu przy pomocy uchwyty antenowego.

Charakterystyka promieniowania anteny w płaszczyźnie poziomej jest dookólna, a w płaszczyźnie pionowej zależy od wysokości zawieszenia nad ziemią i wynosi od 20 do 40 stopni. Zysk energetyczny jest równy 0 dBd (2,14 dBi).

Ciekawym rozwiązaniem anteny dookólnej jest „Slim Jim” [7]. Jest to półfalowy dipol pętlowy, zasilany poprzez ćwierćfalowy transformator (rys. 104). Antena prawidłowo wykonana i zestrojona charakteryzuje się niskim kątem elewacji wiązki głównej (10 stopni), przez co jest przydatna do łączności FM na fali przyziemnej. Zysk energetyczny anteny jest równy ok. 1,8 dBd. Impedencja anteny 60 Ω, przez co można ją zasilac niskoomowym kablem koncentrycznym. Wprowadzona przez takie zasilanie asymetria jest w przypadku anteny „Slim Jim” do pominięcia.

Antenę wykonano z jednego kawałka rurki aluminiowej o średnicy 6 mm, którą po wygięciu i założeniu rozpórek wsunęto do rury winidurkowej i zakleiono z obu stron, po przepuszczeniu kabla zasilającego. W ten sposób antena stanowi zwartą i hermetyczną konstrukcję. Strojenie anteny polega na przesuwaniu kabla zasilającego po rurkach transformatora ćwierćfalowego i ustaleniu miejsca, gdzie WFS jest najmniejszy.

Antenę stacjonarną $5/8 \lambda$ można wykonać na podstawie opisu anteny samochodowej (patrz rozdz. 4.2.2.3.) dodając u podstawy cewki cztery przeciw-wagi o długości 50 cm, pod kątem 90° do promiennika.

Należałoby się spodziewać, że dalsze wydłużanie promiennika zwiększy zysk energetyczny anteny. Niestety, wzrost długości powyżej $3/4 \lambda$ powoduje powstawanie coraz większych listków bocznych, w pionowej charakterystyce promieniowania, o wysokich kątach elewacji (powyżej 45°). W związku z tym anteny dłuższe niż $3/4 \lambda$ stają się coraz mniej efektywne.

4.2.3.1. Anteny kolinearne — dookólne

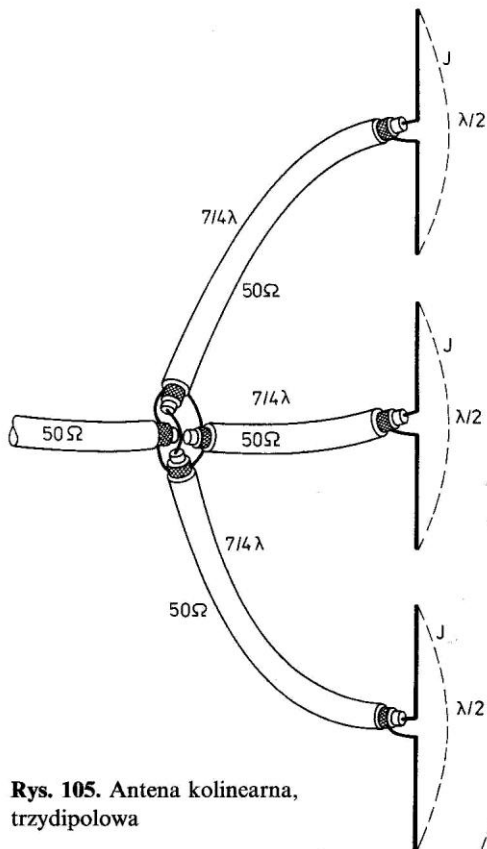
W celu uzyskania anteny pionowej o większym zysku, lecz w dalszym ciągu o dookólnej charakterystyce promieniowania, należy zastosować większą liczbę dipoli półfalowych, ustawionych pionowo (na jednej osi), jeden nad drugim. Optymalna odległość pomiędzy środkami dipoli wynosi $0,75\text{--}0,90 \lambda$ [15].

Poziome ustawienie dipoli daje antenę typu Yagi, pionowe antenę **kolinearną**. Potwierdzeniem tej analogii może być tożsamość zysków energetycznych 3-elementowej anteny kolinearnej i 3-elementowej anteny Yagi (ok. 7 dBd). Jak w przypadku pionowych dipoli półfalowych, należy pamiętać o prostopadłości kabli zasilających (rys. 105) [1]. Anteny kolinearne w takim wykonaniu były powszechnie stosowane jako anteny nadawcze stacji radiofonicznych. Dużym utrudnieniem w wykonaniu takiej anteny jest sposób podziału i zasilania sygnałem w.cz. oraz sama konstrukcja anteny, której poszczególne dipole muszą znajdować się co najmniej $\lambda/2$ od masztu. Prostszy rozwiązaniem jest połączenie dipoli „gorącymi” końcami, przy zastosowaniu przesuwników fazowych.

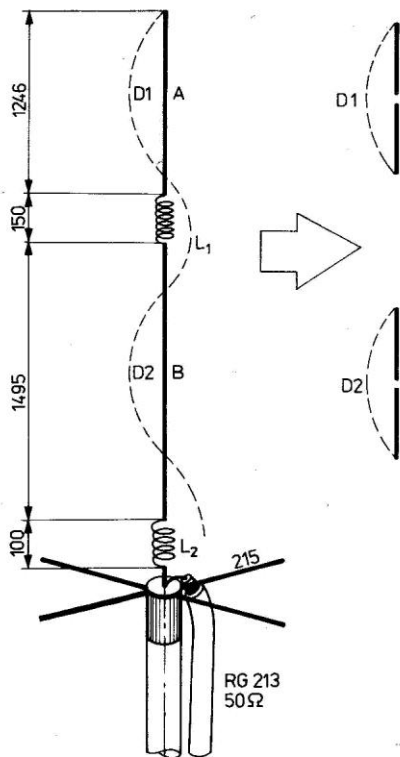
Przykładem może tutaj być dwuelementowa antena kolinearna tzw. „Szwedzki Bat” (rys. 106) [2]. Jak widać z rysunku, przesuwnik fazowy, w tym przypadku cewka, powoduje powstanie dwóch „brzuśców” prądowych, podobnych do charakterystyki prądowej dipola półfalowego, których środki odległe są o $3/4 \lambda$. Wzrost zysku energetycznego takiej anteny w stosunku do dipola półfalowego należy tłumaczyć sumowaniem się napięć w.cz. oraz nakładaniem się pól elektromagnetycznych poszczególnych dipoli. Z rysunku 106 wynika, że na całą długość anteny (ok. 3 m) elementami czynnymi są tylko dwa, półfalowe odcinki *A* i *B*. Cewka L_1 przesuwa fazę o 180° , a cewka L_2 służy jako dopasowanie anteny do 50-omowej linii zasilającej.

Charakterystyka promieniowania w płaszczyźnie poziomej jest dookólna, w płaszczyźnie pionowej kąt promieniowania wynosi ok. 10° , a zysk energetyczny — ok. 4 dBd (podobnie jak dwuelementowej anteny Yagi).

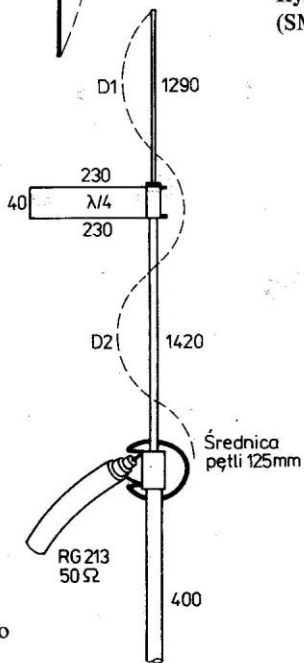
Na podobnej zasadzie działa dwuelementowa antena „Ringo Ranger” (rys. 107) [15]. Stanowią ją również niejako dwa dipole półfalowe. Rolę przesuwnika fazowego pełni odcinek pręta aluminiowego o średnicy 6 mm i długości 499 mm ($\lambda/4$).



Rys. 105. Antena kolinearna, trzydipolowa

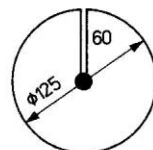


Rys. 106. Antena „Szwedzki Bat” (SM7DVH)



Rys. 107. Antena „Ringo Ranger”

Widok pętli z góry



U podstawy dolnego wibratora znajduje się półkolisty odcinek o średnicy 125 mm, łączący promiennik z podstawą i spełniający podobne zadanie jak cewka L_2 w antenie „Szwedzki Bat”. Ponadto, takie rozwiązanie jest korzystniejsze ze względów bezpieczeństwa, gdyż dla ładunków elektrostatycznych antena jest uziemiona (do masztu).

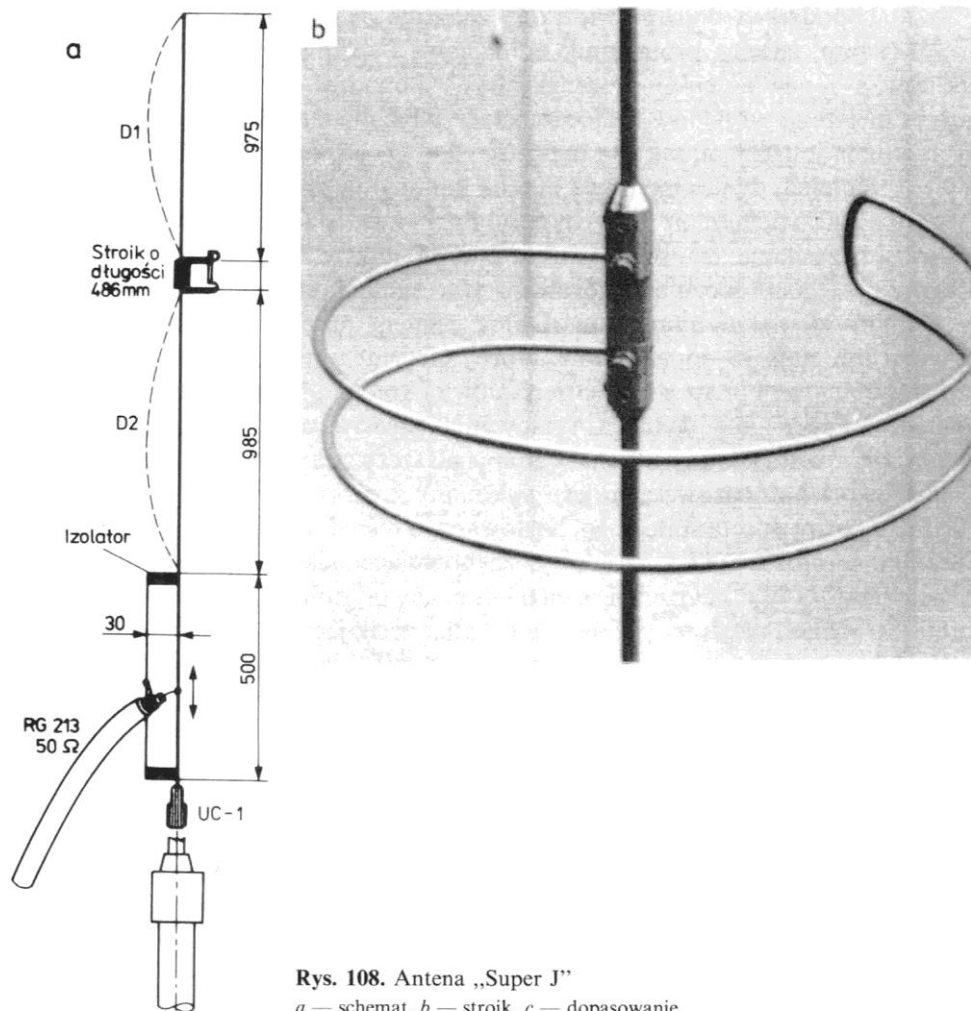
Kolejną, dwuelementową anteną kolinearną jest „Super J” [13], która stanowi niejako połączenie „Szwedzkiego Bata” z anteną „Slim Jim”, ze względu na sposób zasilania transformatorem ćwierćfalowym (rys. 108). Antena ma długość ok. 2,5 m i może być stosowana jako samochodowa, po zamocowaniu na tylnym zderzaku samochodu. Dolny element anteny ma długość $3/4 \lambda$, w tym $1/4 \lambda$ stanowi dopasowanie. Górny element o długości $1/2 \lambda$ jest połączony z dolnym poprzez stroik ćwierćfalowy. Antena „Super J”, podobnie jak „Ringo Ranger” nie wymaga stosowania przeciwwag. Zysk energetyczny wynosi ok. 5 dBd, a kąt promieniowania w płaszczyźnie pionowej — 10° . Dolny element wraz z dopasowaniem jest wykonany z rurki aluminiowej o średnicy 10 mm, a górny z pręta stalowego, hartowanego o średnicy 3 mm, obciążonego koszulką termokurczliwą. Izolatory, zachowujące odstęp pomiędzy rurkami transformatora oraz oddzielające element górny od dolnego wykonano z polamidu. Strojenie polega na przesuwaniu kabla zasilającego po transformatorze ćwierćfalowym i ustaleniu miejsca, w których WFS jest najmniejszy.

Jeszcze większy zysk energetyczny można uzyskać stosując trzejelementową antenę kolinearną. Obecnie bardzo popularną anteną tego typu jest „Big Star” [18] wymyślona przez belgijskich konstruktorów (rys. 109), której wymiary oraz sposób wykonania poszczególnych elementów pokazano na rysunku 110. W przypadku anteny „Big Star” mamy do czynienia z trzema dipolami półfalowymi, ustawionymi jeden nad drugim w odległościach $3/4 \lambda$. Charakterystykę taką uzyskuje się przez zastosowanie przesuwników fazowych, w postaci linii ćwierćfalowych, łączących poszczególne elementy. Rolę dopasowania anteny do linii stanowi ćwierćfalowy odcinek paskowy u podstawy anteny. Przeciwwagę anteny stanowi 6 prętów aluminiowych o długości ok. 50 cm, zamocowanych na przemian co 30° i 90° (rys. 111).

Promiennik anteny wykonano z rurek aluminiowych PA-6. Każdy z trzech elementów jest wykonany z rurek o dwóch średnicach (cała antena z 6), zmniejszających się monotonicznie ku górze. Konstrukcja taka sprawia, że antena ma dużą smukłość, a przez to dobrze opiera się silnym podmuchom wiatru i mimo swej długości (ponad 4 metry) nie wymaga stosowania odciągów. Izolatory między segmentami zostały wykonane z poliamidu. Antena u podstawy ma gniazdo UC-1/50 oraz rurę stalową o średnicy 38 mm i długości 30 cm, służącą do zamocowania jej na maszcie. Można to zrobić wpuszczając ją do środka lub stosując typowe U-chwyty antenowe.

Parametry techniczne:

1. Częstotliwość pracy anteny 144—146 MHz
2. Długość elektryczna $2 \times 3/4 \lambda + 5/8 \lambda$

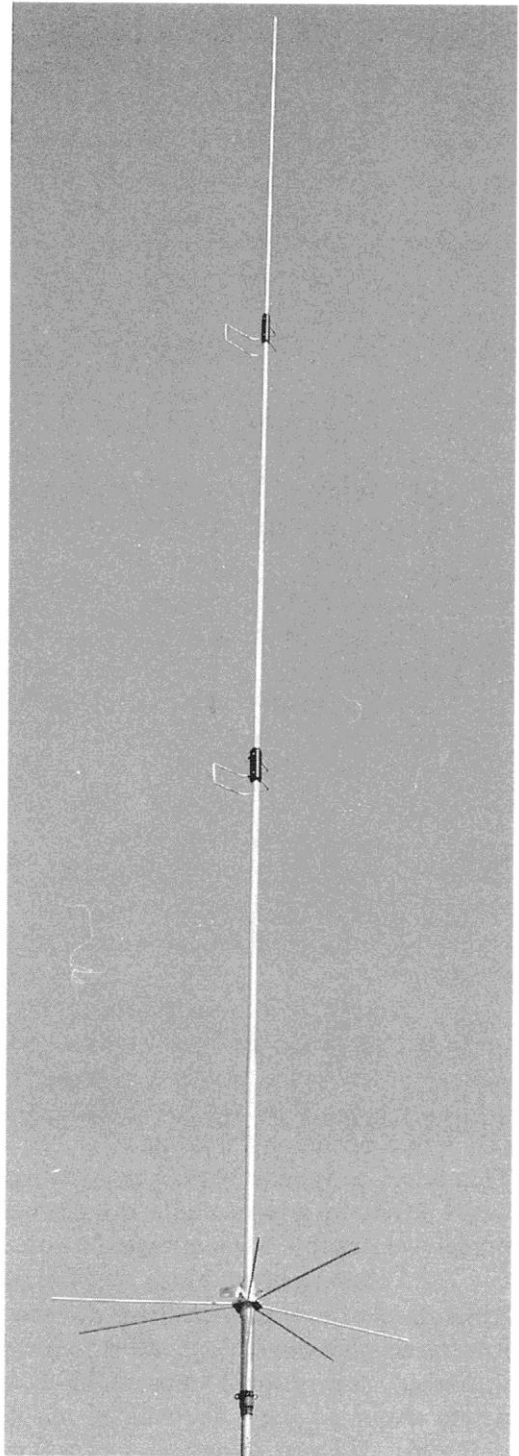
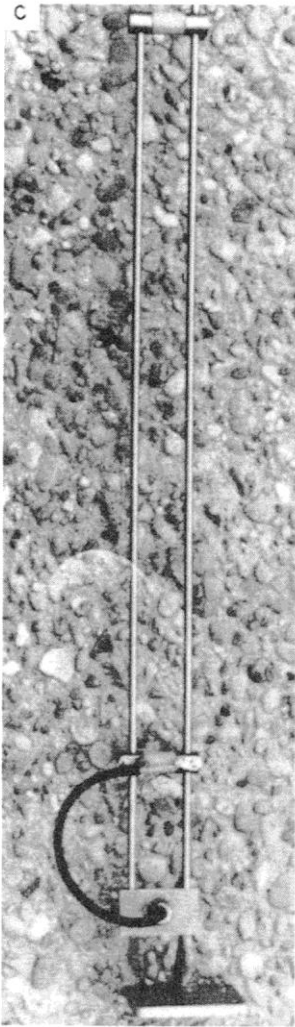


Rys. 108. Antena „Super J”

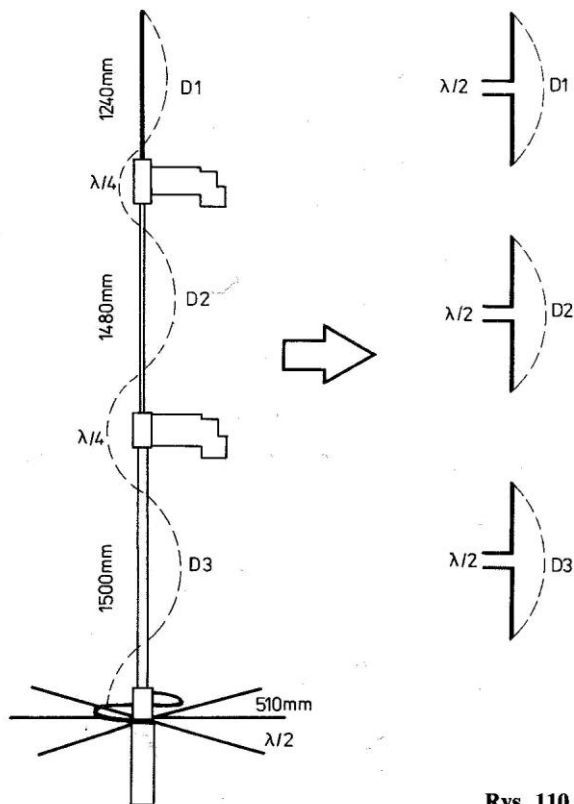
a — schemat, *b* — stroik, *c* — dopasowanie

- | | |
|---------------------------|-------------|
| 3. Długość mechaniczna | 4,2 m |
| 4. Zysk energetyczny | 7,5 dBd |
| 5. Impedencja | 50 Ω |
| 6. WFS | < 1 : 1,2 |
| 7. Kąt promieniowania H | 5° |
| 8. Moc maksymalna | 150 W |
| 9. Ciężar | 2,5 kg |
| 10. Wytrzymałość na wiatr | do 150 km/h |

Kąt promieniowania w płaszczyźnie pionowej wynosi ok. 5° przez co antena dobrze nadaje się do łączności FM, na fali przyziemnej oraz w łącznościach z satelitami amatorskimi, przelatującymi nisko nad horyzontem. Największymi



Rys. 109. Antena „Big Star”

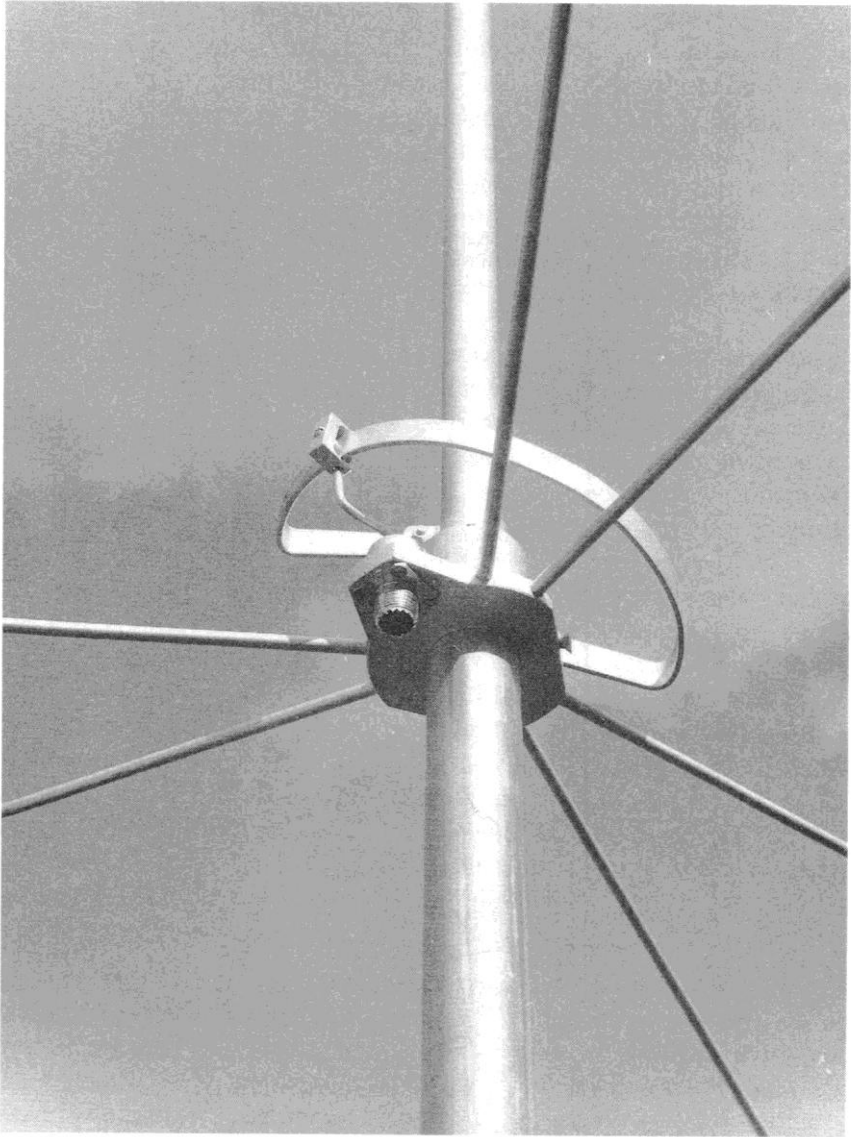


Rys. 110. Wymiary anteny „Big Star”

zaletami anteny jest jej duży zysk energetyczny, niski kąt promieniowania oraz to, że dla ładunków elektrostatycznych jest uziemiona (poprzez pętlę dopasowującą).

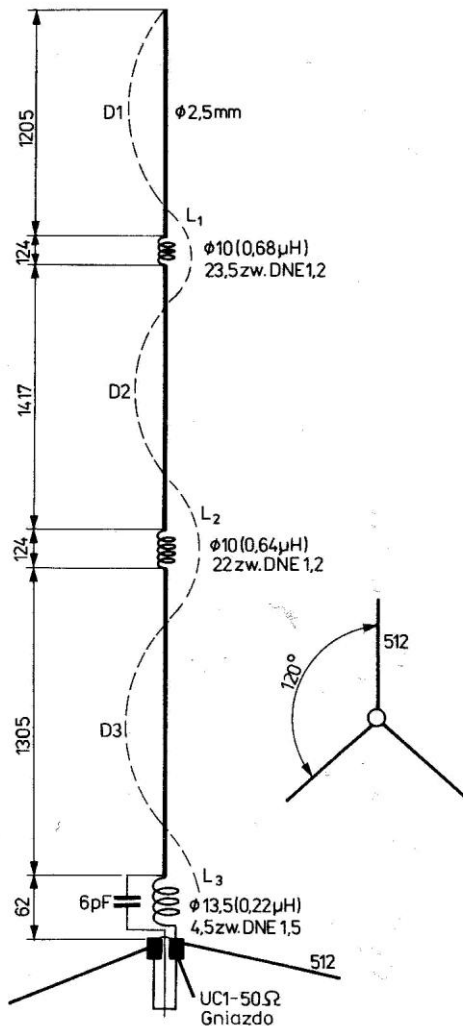
Antenę „Big Star” można również wykonać w prostszy sposób, poprzez rozciągnięcie na wędzisku z włókna szklanego drutu miedzianego o średnicy 2 mm i przyklejeniu go taśmą. Należy wówczas skorygować wymiary anteny, wydłużając ją. Pomiary wykazały jednak, że antena taka pracuje mniej skutecznie od anteny wykonanej z rur, a jej zysk jest o ok. 1 dB mniejszy. Tłumaczyć to można większym rozwinięciem powierzchni „Big Star” rurowego, która to powierzchnia ma znaczenie dla „naskórkowego” charakteru przepływu prądów wielkiej częstotliwości.

Podobną konstrukcją do „Big Star” jest antena firmy Diamond F23 [18] (rys. 112). Antenę stanowią również trzy teoretyczne dipole półfalowe ustawione pionowo jeden nad drugim. Różnica polega na sposobie przesuwania fazy oraz dopasowania do kabla zasilającego. Taką rolę w antenie F23 pełnią cewki L_1 , L_2 i L_3 . Antena ma u podstawy trzy przeciwwagi co 120° o długości 512 mm każda.



Rys. 111. Podstawa anteny „Big Star”

Rolę promiennika pełni drut miedziany, wprowadzony do środka wędziska z włókna szklanego, tak jak ma to miejsce w nowoczesnych rozwiązaniach anten typu GP9N, X700 itp. Wędzisko, jako elastyczny nośnik zabezpiecza promiennik przed wpływem warunków atmosferycznych (korozja). Poprawna praca anteny w znacznym stopniu zależy od dokładności wykonania cewek L_1 i L_2 — przesuwników fazowych oraz L_3 — cewki dopasowującej do linii.



Rys. 112. Antena F-23

Parametry techniczne:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Częstotliwość pracy anteny | 144—146 MHz |
| 2. Długość elektryczna | $2x \frac{3}{4} \lambda + \frac{5}{8} \lambda$ |
| 3. Długość mechaniczna | 4,26 m |
| 4. Zysk energetyczny | 7,0 dBd |
| 5. Impedencja | 50 Ω |
| 6. WFS | < 1 : 1,2 |
| 7. Kąt promieniowania H | 3° |
| 8. Moc maksymalna | 100 W |
| 9. Ciężar | 1,5 kg |

4.2.3.2. Anteny Yagi — kierunkowe

Zasadę działania anten typu Yagi przedstawiono obrazowo w rozdziale 2 na rysunku 15. Duży zysk energetyczny anteny Yagi można wytłumaczyć w następujący sposób. Wyobraźmy sobie pięcioelementową antenę: 3 direktory, wibrator i reflektor. Czoło fali elektromagnetycznej o częstotliwości, zgodnej z częstotliwością rezonansową anteny (długość elementów anteny proporcjonalna do długości fali — $\lambda/2$) dochodząc do anteny powoduje zaindukowanie prądu w.cz. we wszystkich direktorach i wibratorze. Zaindukowany prąd w.cz. w trzecim direktorze powoduje powstanie wtórnego pola elektromagnetycznego.

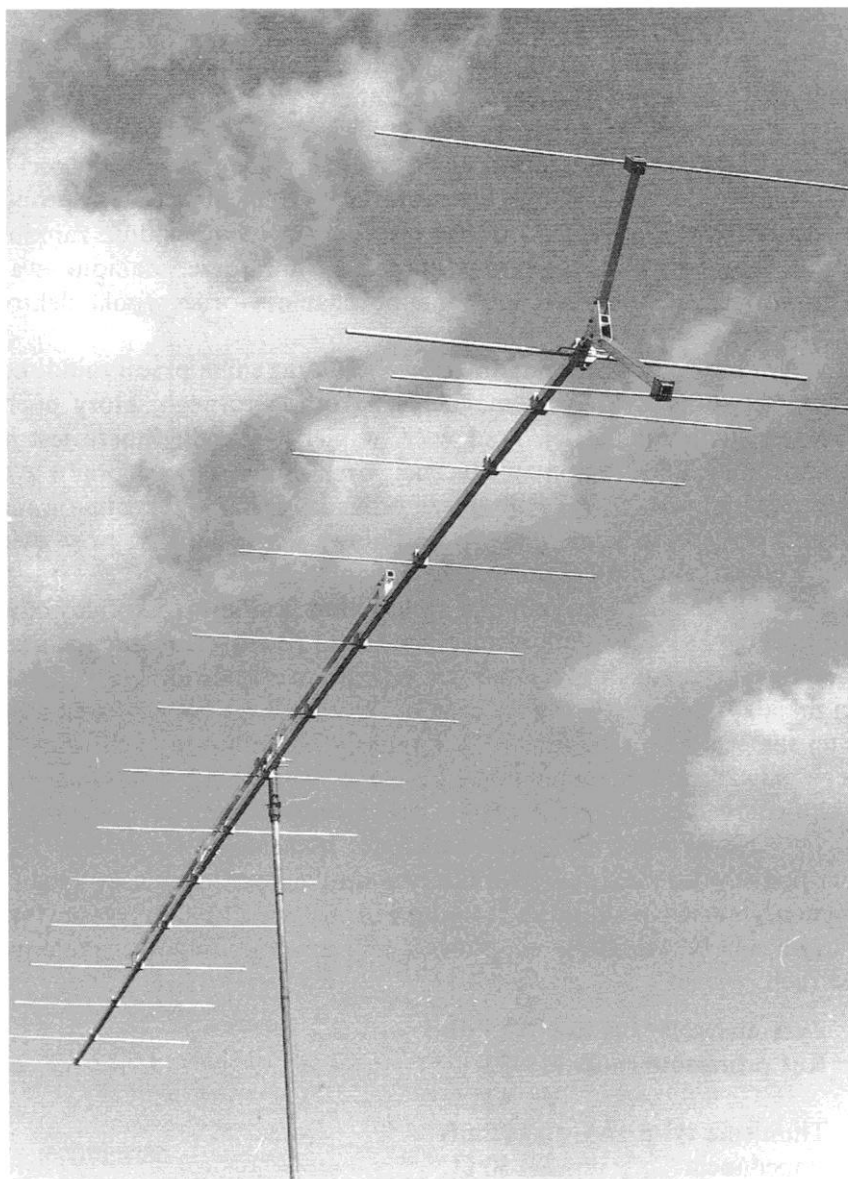
Prąd w.cz. w drugim direktorze jest teraz sumą prądu zaindukowanego przez pierwotną falę elektromagnetyczną oraz wtórnego, który pochodzi od direktora trzeciego. Dalej, prąd w.cz. w pierwszym direktorze jest już sumą z pierwotnej fali elektromagnetycznej, oraz zsumowanego prądu z drugiego i trzeciego direktora. Na wibratorze odkłada się już trzykrotnie wzmacniony sygnał. Nie jest to jednak zależność liniowa i zysk anteny, przy zwiększaniu liczby elementów nie przyrasta proporcjonalnie.

Do najbardziej popularnych anten wśród krótkofalowców należą konstrukcje F9FT, produkowane przez firmę Tonna. Są to anteny, które dzięki specjalnej konstrukcji wibratora tzn. odległości między elementami oraz długości mają zysk energetyczny większy o ok. 1,5 dB od tradycyjnych anten Yagi, o tej samej liczbie elementów [2]. Istnieje wiele mitów o niemożności dokładnego odwzorowania anteny F9FT, ale w warunkach amatorskich, różnica zysku energetycznego o 0,5 dB jest praktycznie nie zauważalna.

Na rysunku 113 przedstawiono 16-elementową antenę F9FT. Ma ona podwójny reflektor o charakterystycznym kształcie „jaskółczego ogona”. Wymiary anteny podano na rysunku 114. Są one dosyć krytyczne, w związku z czym należy wiernie je skopiować, aby uzyskać anteny o podanych parametrach.

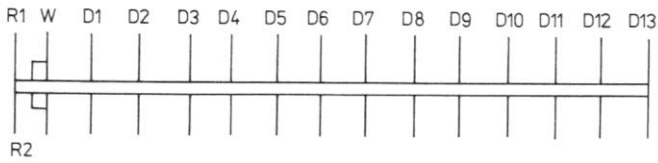
1. Zysk energetyczny	15 dBd
2. Kąt promieniowania H	32°
	V 42°
3. Tłumienie tył-przód	22 dB
4. Impedancja	50 Ω
5. WFS	< 1 : 1,1
6. Długość	6,5 m
7. Ciężar	5 kg

Direktory i reflektory wykonano z rurek aluminiowych o średnicy 6 mm. Wibrator 50 Ω , z rurki 10 mm, ze zworą, odizolowany od nośnika. Nośnik anteny wykonano z rury kwadratowej 20 × 20 mm. Na kabel zasilający, za wtykiem UC-1, należy nałożyć 3—4 pierścienie ferrytowe, o dowolnej przenikalności, w celu zniwelowania wpływu opłotu kabla na pracę wibratora.



Rys. 113. Antena Yagi F9FT-16

Prostsza w wykonaniu, a jednocześnie mająca mniejszy zysk energetyczny jest dziewięcioelementowa antena F9FT (rys. 115). Ma ona pojedynczy reflektor i jest dwukrotnie krótsza od anteny 16-elementowej [4]. Konstrukcja wibratora jest podobna (rys. 116). Direktory i reflektor mogą być odizolowane od nośnika, choć nie jest to konieczne.



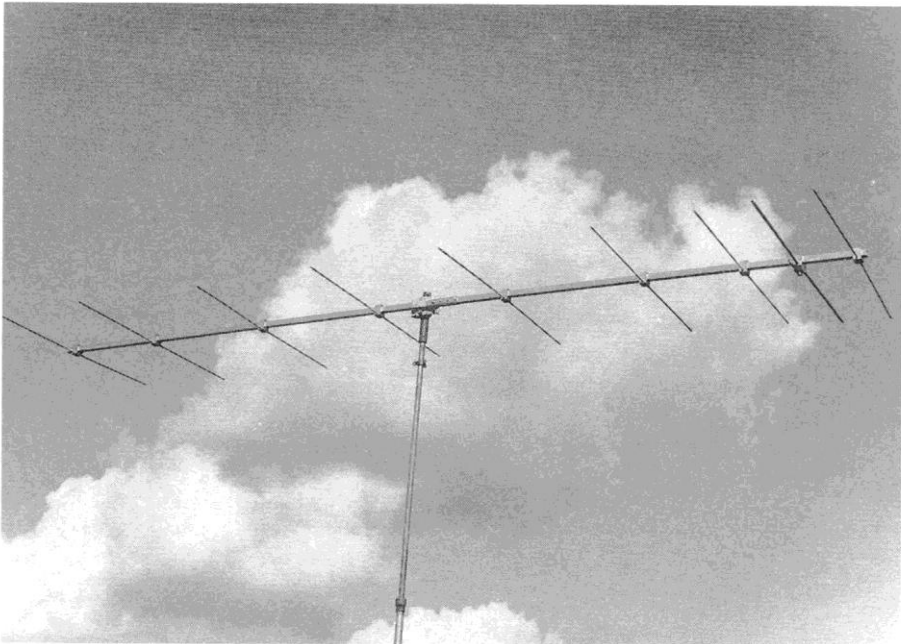
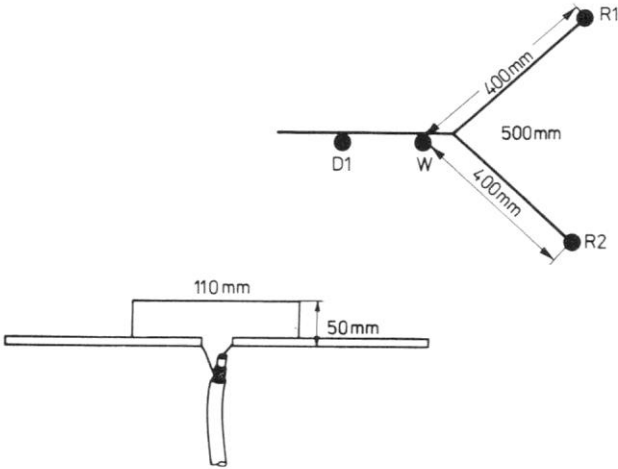
Rys. 114. Wymiary anteny F9FT-16

Długości elementów [mm]:

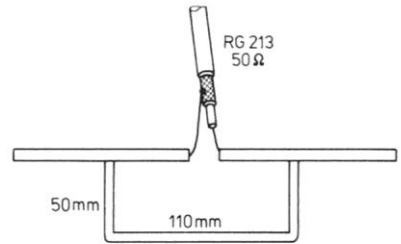
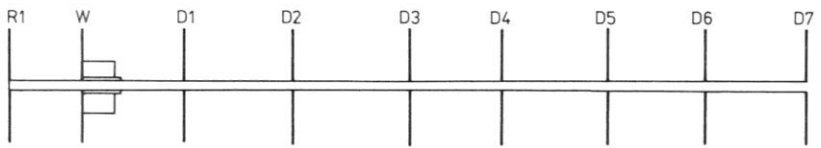
$R1 = R2$	—	1025
W	—	990
$D1$	—	965
$D2$	—	925
$D3$	—	915
$D4$	—	915
$D5$	—	895
$D6$	—	895
$D7$	—	875
$D8$	—	875
$D9$	—	855
$D10$	—	855
$D11$	—	835
$D12$	—	835
$D13$	—	815

Odległości między elementami [mm]:

$R-W$	—	400
$W-D1$	—	310-230
$D1-D2$	—	290-310
$D2-D3...D12$	—	515
$D12-D13$	—	400



Rys. 115. Antena Yagi F9FT-9



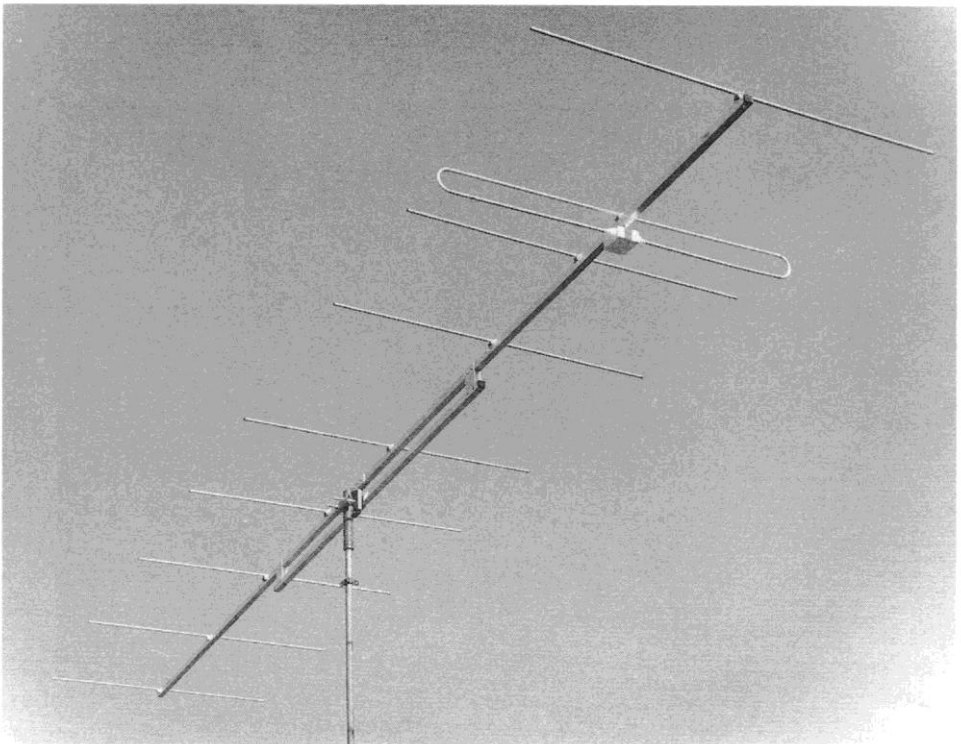
Rys. 116. Wymiary anteny F9FT-9

Długości elementów [mm]:

<i>R</i>	—	1025
<i>W</i>	—	990
<i>D1</i>	—	940
<i>D2</i>	—	920
<i>D3</i>	—	910
<i>D4</i>	—	910
<i>D5</i>	—	890
<i>D6</i>	—	890
<i>D7</i>	—	870

Odległości między elementami [mm]:

<i>R—W</i>	—	180
<i>W—D1</i>	—	175
<i>D1—D2</i>	—	340
<i>D2—D6</i>	—	515
<i>D6—D7</i>	—	400



Rys. 117. Antena SP6LB

Parametry techniczne:

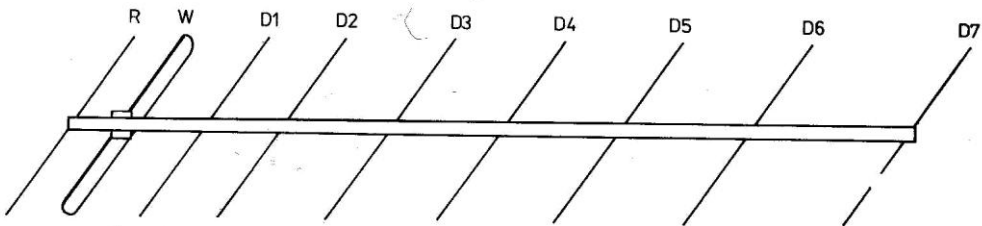
1. Zysk energetyczny 12 dBd
2. Kąt promieniowania H 38°
V 46°
3. Tłumienie tył-przód 15 dB
4. Impedencja 50 Ω
5. WFS <1:1,1
6. Długość 3,2 m
7. Ciężar 2 kg

Chcąc uzyskać większe tłumienie wsteczne, można zastosować podwójny reflektor, jak ma to miejsce w przypadku anteny szesnastoelementowej.

Bardzo popularną, choć dziś nieco przestarzałą konstrukcją jest dziesięcioelementowa antena konstrukcji SP6LB (rys. 117). Ma ona zysk energetyczny większy o ok. 1 dB od tradycyjnych, 9-elementowych anten Yagi. Wykonana została, na nośniku kwadratowym 20 × 20 mm, z rurek o średnicy 8 mm (rys. 118). Pod nośnikiem zamocowano podpórkę wzmacniającą w postaci rury kwadratowej 20 × 20 mm o długości 2 m. Wibrator pętlowy o impedancji 200 Ω wymaga stosowania baluna 4:1, z kabla koncentrycznego (rys. 119).

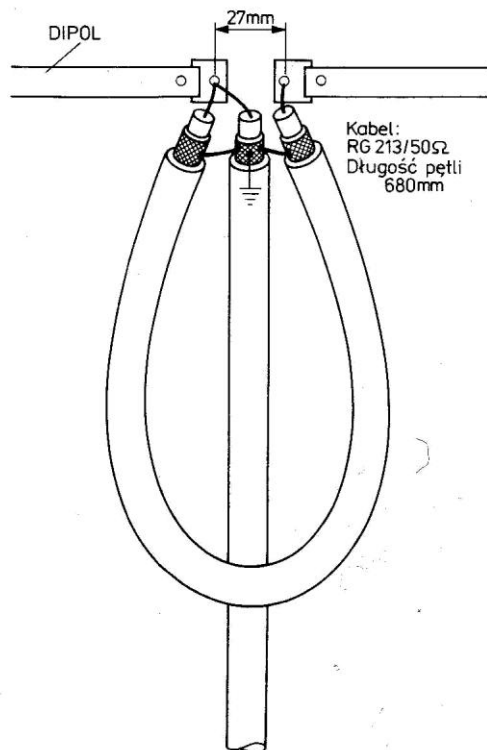
Parametry anteny:

1. Częstotliwość pracy 144—146 MHz
2. Długość elektryczna 2 λ
3. Długość mechaniczna 4 m
4. Zysk energetyczny 13 dBd
5. Impedancja 200/300 Ω
6. WFS <1:1,3
7. Kąt promieniowania H (−3 dB) 36°
8. Ciężar 3 kg

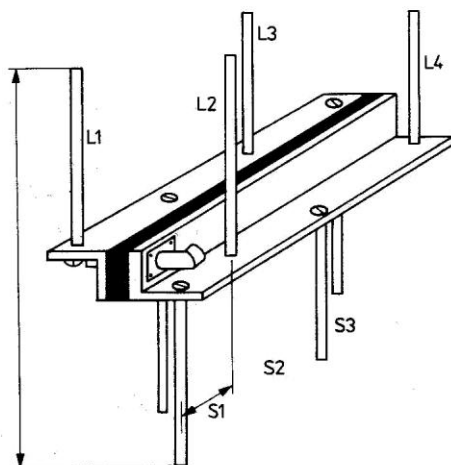


Rys. 118. Wymiary anteny SP6LB

Długości elementów [mm]:		Odległości między elementami [mm]:	
R	— 1050	R—W	— 470
W	— 960	W—D1	— 140
D1	— 930	D1—D2	— 490
D2	— 920	D2—D3	— 650
D3	— 915	D3—D4	— 470
D4	— 910	D4—D5	— 550
D5	— 900	D5—D6	— 600
D6	— 900	D6—D7	— 615
D7	— 870		



Rys. 119. Balun 4:1 z kabla koncentrycznego



Rys. 120. Antena „Pounder”

Długości elementów [mm]:

$L1$ — 820

$L3$ — 965

$L2$ — 888

$L4$ — 1050

Odległości między elementami [mm]:

$S1$ — 94

$S3$ — 111

$S2$ — 103

Impedancja 200Ω jest korzystna przy równoległym połączeniu czterech anten SP6LB. Uzyskuje się wówczas zysk ok. 18 dBd! Można również wykonać podwójny reflektor na prostym wsporniku o długości 400 mm. Zwiększa to współczynnik tłumienia F/B do 25 dB.

4.2.3.3. Anteny LPDA i LPY

Zasadę działania anten logarytmiczno-periodycznych opisano w rozdziale 3.5. Podstawowymi zaletami tych anten są: niewielkie wymiary przy dość dużym zysku energetycznym oraz duża szerokopasmowość.

Na rysunku 120 przedstawiono najprostszą, anteną LPDA o nazwie POUNDER [13]. Mimo swojej niewielkiej długości 0,3 m ma zysk energetyczny 5 dBd! Tłumienie tył-przód wynosi 20 dB. Antena może być używana jako przenośna lub stacjonarna w obu polaryzacjach. Nośnik składa się z dwóch kątowników $12 \times 12 \times 1,5$ mm, które stanowią jednocześnie linię zasilającą poszczególne połówki elementów. Kątowniki są obrócone względem siebie

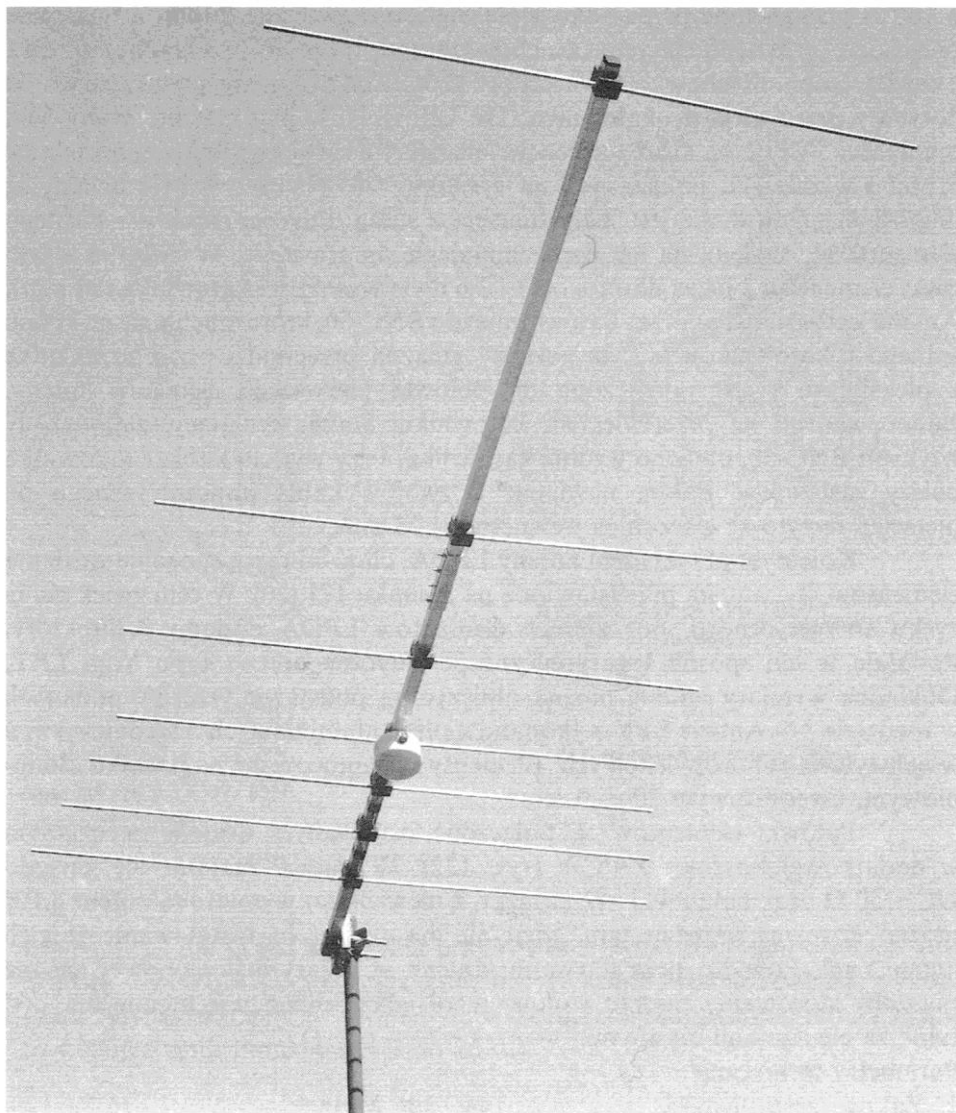
o 180° i przedzielone przekładką z pleksiglasu o grubości 6 mm, a następnie połączone są ze sobą czterema blachowkrętami, (poprzez przekładkę) po dwa z każdej strony. Blachowkręty muszą być krótsze od 6 mm, aby po wkręceniu nie dotykały przeciwległego kątownika. Do kątowników przykręcono śruby M4, o długości 50 mm, na które nakręcono elementy z rurki aluminiowej o średnicy 6 mm i wymiarach pokazanych na rysunku 120. Należy zwrócić uwagę, że długość elementów nie jest jednoznaczna z sumą długości rurek dla każdego elementu, ze względu na ich naprzemianległe montowanie. W związku z tym rurki elementów 2 i 4 są dłuższe od 1 i 3 o dwie wysokości kątownika (24 mm). Antena jest zasilana poprzez kątowe gniazdo BNC-50, które mocuje się na końcu jednego z kątowników. „Żyłą gorącą” gniazda przechodzi przez przekładkę z pleksiglasu i jest podłączona do połówki pierwszego elementu anteny, zamocowanego na przeciwległym kątowniku. Kabel zasilający, zakończony wtykiem BNC-50, ułożono wzdłuż kątownika. Przy wyjściu kabla z kątownika należy zastosować balun, nawijając 6 zwojów kabla koncentrycznego na pierścieniu ferrytowy o średnicy wewnętrznej 75 mm.

Kolejnym przykładem anteny LPDA, choć o innym sposobie zasilania elementów, jest antena przedstawiona na rysunku 121 [20]. W celu zwiększenia zysku energetycznego, do czterech elementów LPDA dodano 3 direktory. Powstaje w ten sposób logarytmiczno-periodyczna antena typu Yagi LPY. Dokładne wymiary anteny można obliczyć na podstawie wzorów podanych w rozdziale 3.5. Antenę LPY wykonano z rurek aluminiowych o średnicy 6 mm w uchwytych polipropylenowych. Elementy są zamocowane na nośniku aluminiowym, kwadratowym 20×20 mm.

Połówki elementów są połączone izolowanym drutem miedzianym w dodatkowej koszulce z PCW (rys. 122). W puszcze znajduje się gniazdo UC-1/50 Ω oraz balun 4:1. W związku z niewielkimi wymiarami antenę LPY można stosować wszędzie tam, gdzie nie ma miejsca na instalowanie długich anten Yagi. Ponadto przy używaniu anteny w polaryzacji pionowej nie ma potrzeby stosowania masztu izolowanego, gdyż antena jest mocowana „od tyłu” za elementami czynnymi.

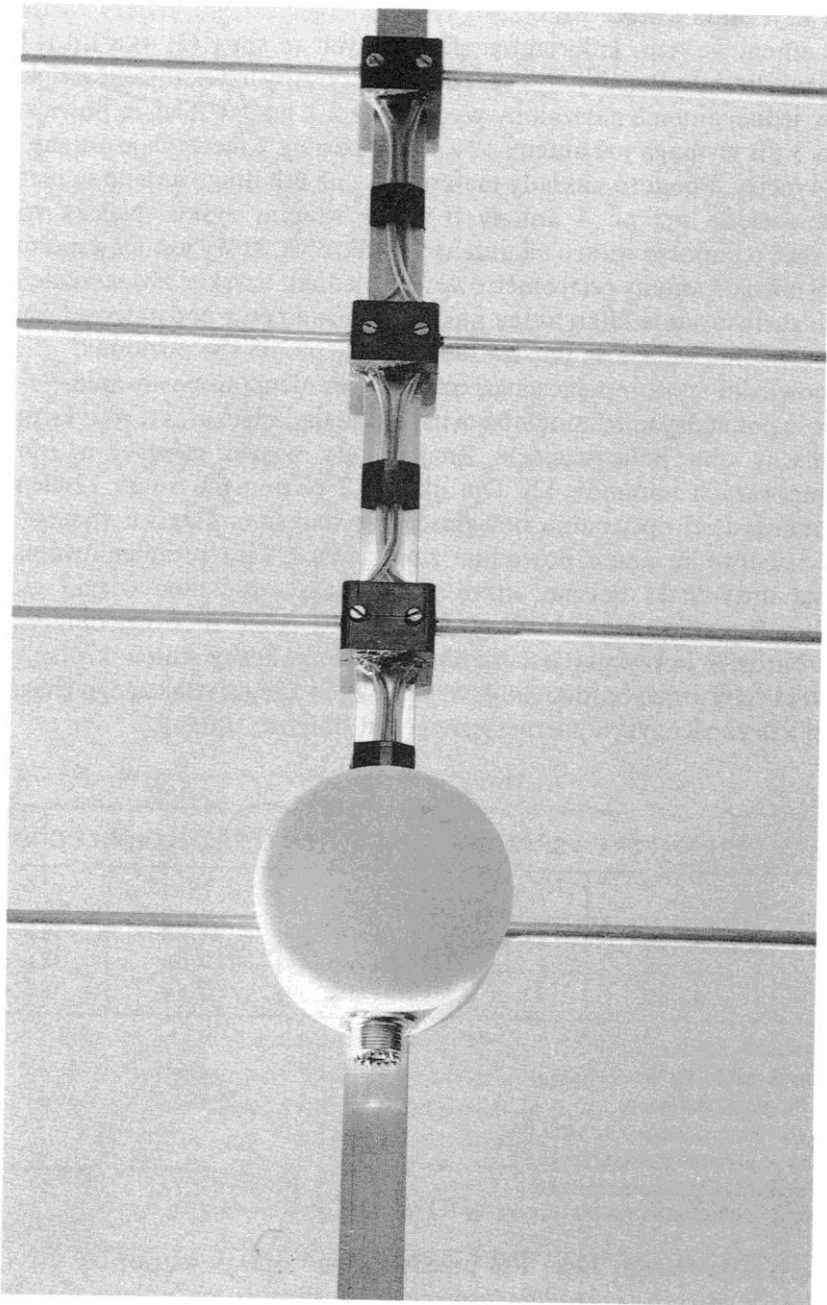
Parametry techniczne:

1. Zakres częstotliwości	144—146 MHz
2. WFS (dla podanego zakresu)	< 1:1,2
3. Zysk energetyczny	11,4 dBd
4. Impedancja	50 Ω
5. Kąt promieniowania H	40°
V	45°
6. Liczba elementów	
— LPDA	4
— Yagi (direktory)	3
7. Długość	1,75 m
8. Ciężar	1 kg



Rys. 121. Antena LPY

Antena składa się z dwóch części i po złożeniu ma wymiary 860×1060 mm. W pewnych warunkach antena sprawuje się dobrze w pasmie 430—440 MHz! Można za jej pomocą uzyskać łączność w pasmie 70 cm z WFS nie gorszym od 1:2. Tłumaczy to okresowy charakter anteny LPDA, $145 \text{ MHz} \times 3 = 435 \text{ MHz}$.



Rys. 122. Sposób łączenia elementów w antenie LPY

4.2.3.4. Układy antenowe

W celu uzyskania jeszcze większego zysku energetycznego, należy zastosować układy antenowe, tzn. kilka anten sfazowanych ze sobą (2, 4, 8 itd.). Każde podwojenie liczby anten daje zysk o 3 dB większy. Aby uzyskać takie zwiększenie zysku w jednej antenie należałoby wydłużyć z 2λ do 5λ ! Dalsze powiększenie zysku o 3 dB wymaga już anteny 12λ , co w pasmie 2 metry daje antenę o długości 24 metry. Ponadto nakłady materiałowe na tak długą antenę są niewspółmiernie większe niż na 4 anteny o takim samym zysku. Należy również wspomnieć o naporze wiatru na antenę 24-metrową, który jest niewspółmiernie większy niż na 4 anteny czterometrowe. Aby jednak uzyskać zwiększenie zysku, poprzez zastosowanie kilku anten należy zachować dwa podstawowe warunki:

- odpowiednią odległość między antenami w pionie i w poziomie,
- odpowiedni sposób połączenia, celem zapewnienia dopasowania.

Odległość pomiędzy antenami można ustalić znając ich charakterystykę promieniowania w obu polaryzacjach. Znając kąty wiązki głównej α_E i α_H kierunki pierwszych minimów [2]. Dla układu 2 poziomych anten 12-elementowych, najbardziej optymalna odległość przy maksimum zysku wynosi $1,5\lambda$. Dalsze rozsuwanie anten powoduje zmniejszenie kąta promieniowania, lecz powstają duże listki boczne, które pochłaniają część moc wiązki głównej. W tabelicy 9 podano zyski i odległości czterech anten o różnej długości. Jak widać, bardziej korzystne jest łączenie większej liczby anten krótszych niż mniejszej liczby anten bardzo długich. Wynika to z logarytmicznego charakteru krzywej zależności zysku energetycznego od długości anteny.

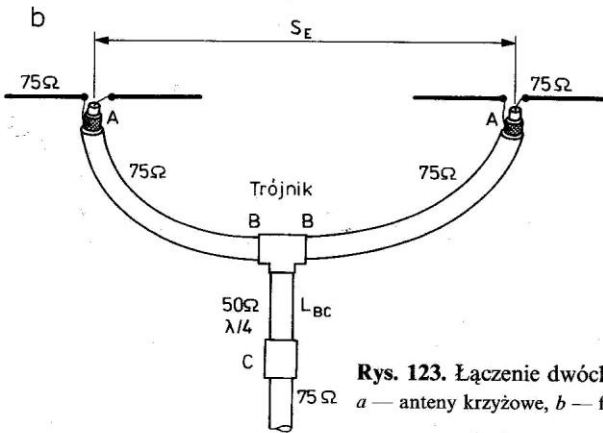
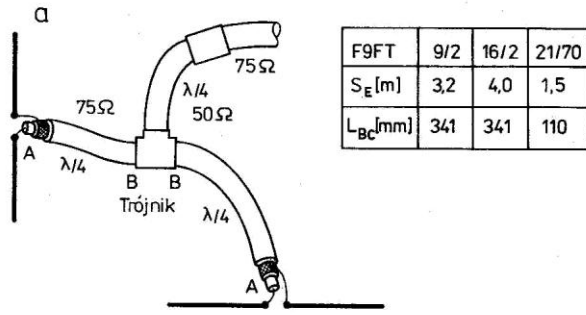
Tablica 9

WYMIARY I PARAMETRY 4 SFAZOWANYCH ANTEN O RÓŻNYCH DŁUGOŚCIACH

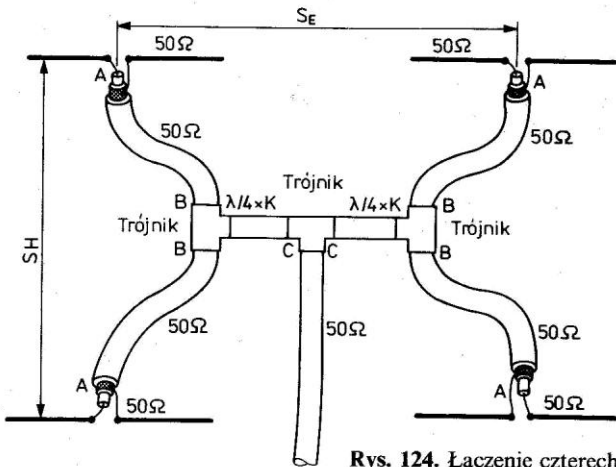
l	G_1	S	G_{\max}	R	G_u
2λ	12 dB	1,6 m	18 dB	1,2 dB	16,8 dB
4λ	14 dB	2,1 m	20 dB	2,0 dB	18,0 dB
6λ	15 dB	2,6 m	21 dB	2,5 dB	18,5 dB

- l — długość anteny [λ],
 G_1 — zysk jednostkowy,
 R — tłumienie połączeń,
 S — odległość między antenami,
 G_{\max} — zysk układu (maksymalny),
 G_u — zysk układu z połączeniami.

Na rysunkach 123 i 124 przedstawiono odległości między 2 i 4 antenami F9FT, 9-, 16- i 21-elementowej, oraz sposób ich połączenia. W celu zminimalizowania strat na łączeniach należy zastosować dobrej jakości wtyki i gniazda, najlepiej o złożonych stykach (typu N) oraz kable koncentryczne o najmniejszej stratności (H-100). Na rysunku 125 pokazano sposób połączenia

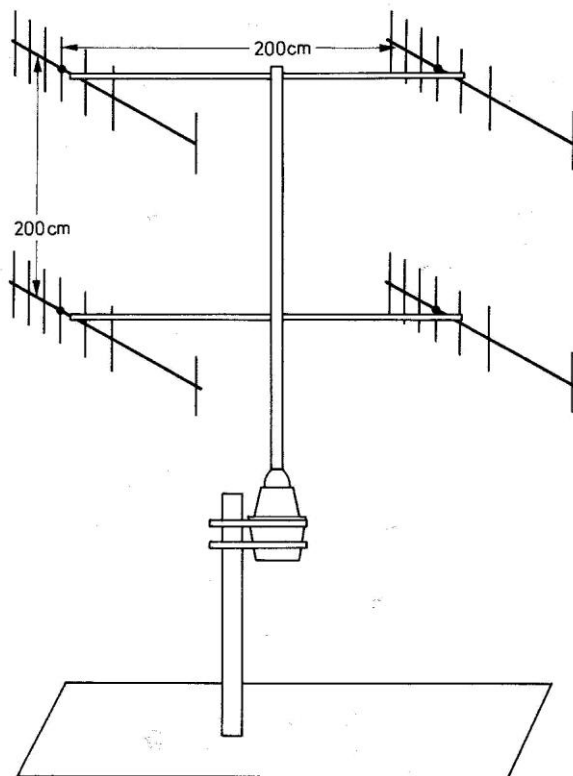


Rys. 123. Łączenie dwóch anten Yagi w zestaw
 a — anteny krzyżowe, b — fazowanie dwóch anten



Rys. 124. Łączenie czterech anten Yagi w zestaw

F9FT	9/2	16/2	21/70
S_E [m]	3,2	4,0	1,5
S_H [m]	2,7	3,7	1,5
L_{BC} [mm]	340	340	115



Rys. 125. Sposób połączenia czterech anten LPY w zestaw
Sposób łączenia poszczególnych wibratorów 50Ω jest taki sam jak w 4 antenach F9FT-9

czterech anten LPY, opisanych w 4.2.3.3. Łącząc takie anteny, otrzymuje się zysk ok. 16 dB! ($11,4 + 3 + 3 - 1,5 = 15,9$ dBd), przy niewielkich wymiarach układu $2 \times 2 \times 1,5$ (6 m^3).

Aby mechanicznie zmontować cztery anteny należy zastosować konstrukcję tyczek z włókna szklanego lub duraluminiowych. W przypadku stosowania rur metalowych należy zastanowić się, w jakiej polaryzacji będą pracowały anteny. Jeżeli w poziomej, to wówczas konstrukcja musi mieć kształt litery H, aby wyeliminować wpływ metalowej konstrukcji wsporczej na pracę elementów anteny (direktory, dipol, reflektor).

4.3. ANTENY NA PASMO 430 MHz

Pasmo 430—440 MHz (70 cm), tak jak w przypadku pasm KF, stanowi wielokrotność najniższego pasma UKF 144—146 MHz (2 metry). Całkowita wielokrotność częstotliwości między tymi pasmami ułatwia konstruowanie wielopasmowych anten UKF. Dwu- i trzypasmowe anteny UKF, konstru-

owane przez firmy specjalistyczne, są bardzo popularne wśród krótkofalowców, gdyż eliminują dodatkowe linie zasilające i przełączające anteny. Antenami dwupasmowymi są najczęściej pionowe anteny kolinaerne (GP9N, X500 itp.) [21] oraz anteny typu Yagi, gdzie elementy pasma 2 metry i 70 centymetrów znajdują się na jednym nośniku, rozmieszczone w ten sposób, aby nie powodować wzajemnego oddziaływania. Dwupasmowe anteny pionowe stwarzają możliwość nawiązywania łączności w tzw. duplesie (*crossband*), gdzie nadajnik pracuje w pasmie 2 metrowym, a odbiornik w pasmie 70 centymetrowym (lub na odwrot). Można jednocześnie mówić do korespondenta i słuchać go w tym samym czasie, tak jak w przypadku łączności telefonicznej. Poza antenami produkowane są również radiotelefony UKF, pozwalające na pracę dupleksową. Zgodnie z podobieństwem zjawisk anteny 430—440 MHz mają podobną konstrukcję jak anteny 144—146 MHz, lecz długość elementów jest trzykrotnie mniejsza. Wykonanie anteny na pasmo 70 cm jest bardziej pracochłonne, ze względu na tolerancję wymiarów elementów. Zmiana wymiaru wibratora anteny dwumetrowej o 1 cm spowoduje zmianę rezonansu anteny o kilkaset kiloherców, a w przypadku anteny 70-centymetrowej o kilka megaherców! Widać stąd, jak ważne jest staranne docinanie długości poszczególnych elementów anten wyższych pasm UKF.

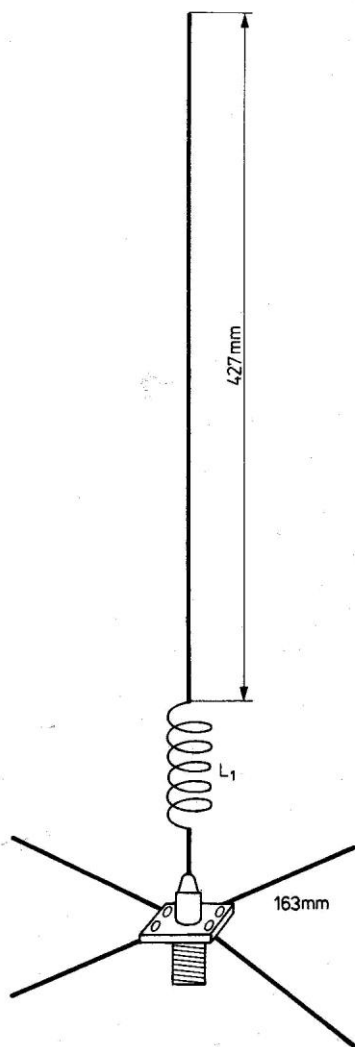
4.3.1. Antena $5/8 \lambda$

W zależności od sposobu mechanicznego wykonania antenę można stosować jako przenośną (*portable*), przewoźną (*mobile*) i stacjonarną (rys. 126).

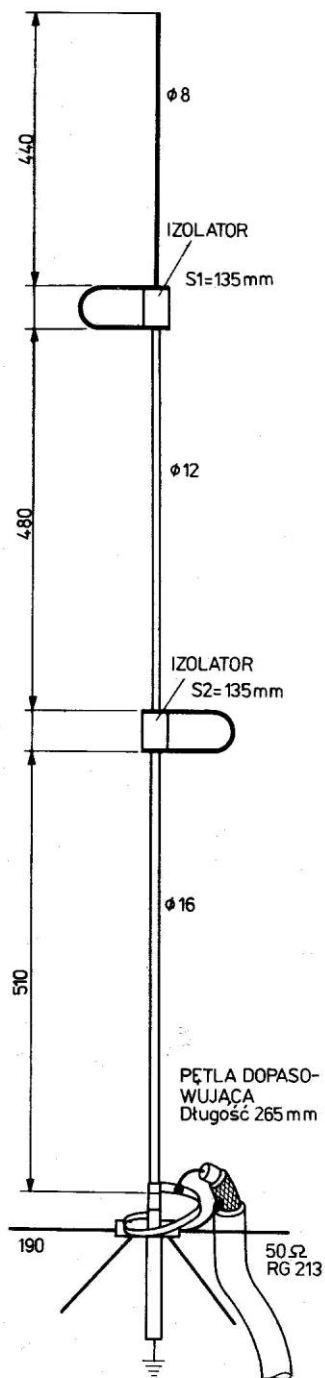
Promiennik anteny stacjonarnej wykonano z jednego odcinka drutu mosiężnego o średnicy 2 mm i długości 427 mm [17]. Cewka wydłużająca powstała przez nawinięcie drutu promiennika, od dolnego końca, na wałku o średnicy 5 mm, który usunięto po uformowaniu cewki. Ma ona 5 zwojów, długość nawinięcia — 10 mm. Podstawą promiennika jest gniazdo UC-1/50, z kwadratowym kołnierzem. Przeciwwagi wykonano z czterech odcinków drutu miedzianego o średnicy 2 mm i długości 165 mm. Końce przeciwwag wygięto pod kątem prostym i przylutowano po włożeniu w otwory kołnierza gniazda. Całą antenę po zmontowaniu włożono w rurę winidurową o średnicy 32 mm, z czterema nacięciami u dołu, aby wysunąć przeciwwagi. Górę i dół rury zakryto korkami z tworzywa.

W wykonaniu mobilowym, zamiast gniazda UC-1/50 zastosowano wtyk UC-1/50, który można przykręcić do typowych zamocowań mobilowych takich, jak popularna „główka” (UC-1) czy podstawa magnetyczna. W przypadku anteny mobilowej lepszy byłby promiennik stalowy o średnicy 3 mm. Przeciwwagę anteny stanowi karoserię samochodu.

Wykorzystując antenę do radiotelefonów przenośnych jako promiennik można zastosować maszt teleskopowy, z przenośnego odbiornika radio-



Rys. 126. Antena stacjonarna $5/8 \lambda$ — 70 cm
 L_1 — 5 zwojów na średnicy 5 mm, długość nawinięcia — 10 mm



Rys. 127. Kolicarna antena na 430 MHz

wego. Połączenie masztu teleskopowego z gniazdem BNC-50 stanowi cewka, nawinięta na karkasie polamidowym, którą obciążnięto koszulkę termokurczliwą.

4.3.2. Antena kolinearna

Przedstawiona antena jest trzelementową anteną kolinearną, podobną konstrukcyjnie do dwumetrowego „Big Stara” (rys. 127) [20]. Wykonano ją z trzech rurek: 8, 12 i 16 mm. Izolatory dzielące poszczególne elementy wykonano z poliamidu. Stroiki S1 i S2 mają kształt litery U i zostały wykonane z pręta aluminiowego o średnicy 5 mm. Pętla dopasowująca, wykonana z płaskownika 10 × 1, łączy promiennik z podstawą, z której wychodzą cztery przeciwwagi o długości 190 mm, z pręta aluminiowego o średnicy 5 mm. Strojenie anteny, po dokładnym docięciu długości rurek poszczególnych elementów oraz stroików, polega na dobraniu na pętli dopasowującej takiego miejsca podłączenia żyły „gorącej” kabla zasilającego, w którym WFS będzie najmniejszy, dla częstotliwości 435 MHz.

Parametry techniczne:

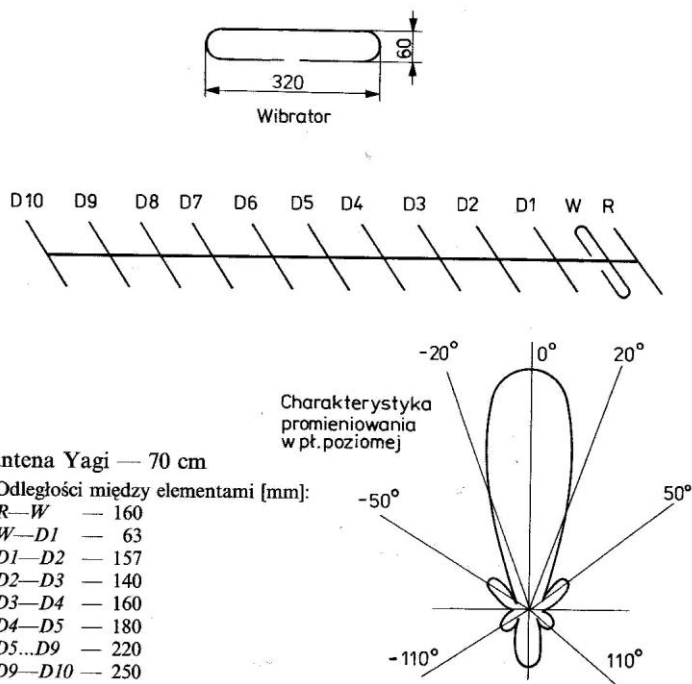
1. Zakres częstotliwości 430—440 MHz
2. Zysk energetyczny 7,5 dBd
3. Impedancja 50 Ω
4. Kąt promieniowania 5°
5. Długość 1,5 m
6. Ciężar 1,0 kg

4.3.3. 12-elementowa antena Yagi

Przedstawiona na rysunku 128 antena została skonstruowana przez SP6LB [2]. Wibratorem anteny jest pięćdziesięcioomowy dipol pętlowy, który może być zasilany asymetrycznym kablem koncentrycznym, bez pogorszenia istotnych własności promieniowania. Wibrator należy zamocować na nośniku w ten sposób, aby pozostałe direktory i reflektor znajdowały się w jego płaszczyźnie środkowej. Nośnik anteny wykonano z rury aluminiowej, kwadratowej 20 × 20 mm, a elementy z rurki o średnicy 6 mm. Istotną sprawą jest to, aby elementy były odizolowane od nośnika lub przymocowane do niego punktowo. Nie ulega wówczas deformacji charakterystyka prądowo-napięciowa poszczególnych elementów.

Parametry techniczne:

1. Zysk energetyczny 13,5 dBd
2. Impedancja 50 Ω
3. Kąt promieniowania (H) 32°
4. Tłumienie tył-przód F/B 15 dB
5. Długość 2 m
6. Ciężar 1,2 kg



Rys. 128. 12-elementowa antena Yagi — 70 cm

Długości elementów [mm]:	Odległości między elementami [mm]:
<i>R</i> — 350	<i>R—W</i> — 160
<i>W</i> — 320	<i>W—D1</i> — 63
<i>D1</i> — 310	<i>D1—D2</i> — 157
<i>D2</i> — 300	<i>D2—D3</i> — 140
<i>D3</i> — 295	<i>D3—D4</i> — 160
<i>D4</i> — 290	<i>D4—D5</i> — 180
<i>D5</i> — 285	<i>D5...D9</i> — 220
<i>D6—D9</i> — 280	<i>D9—D10</i> — 250
<i>D10</i> — 270	

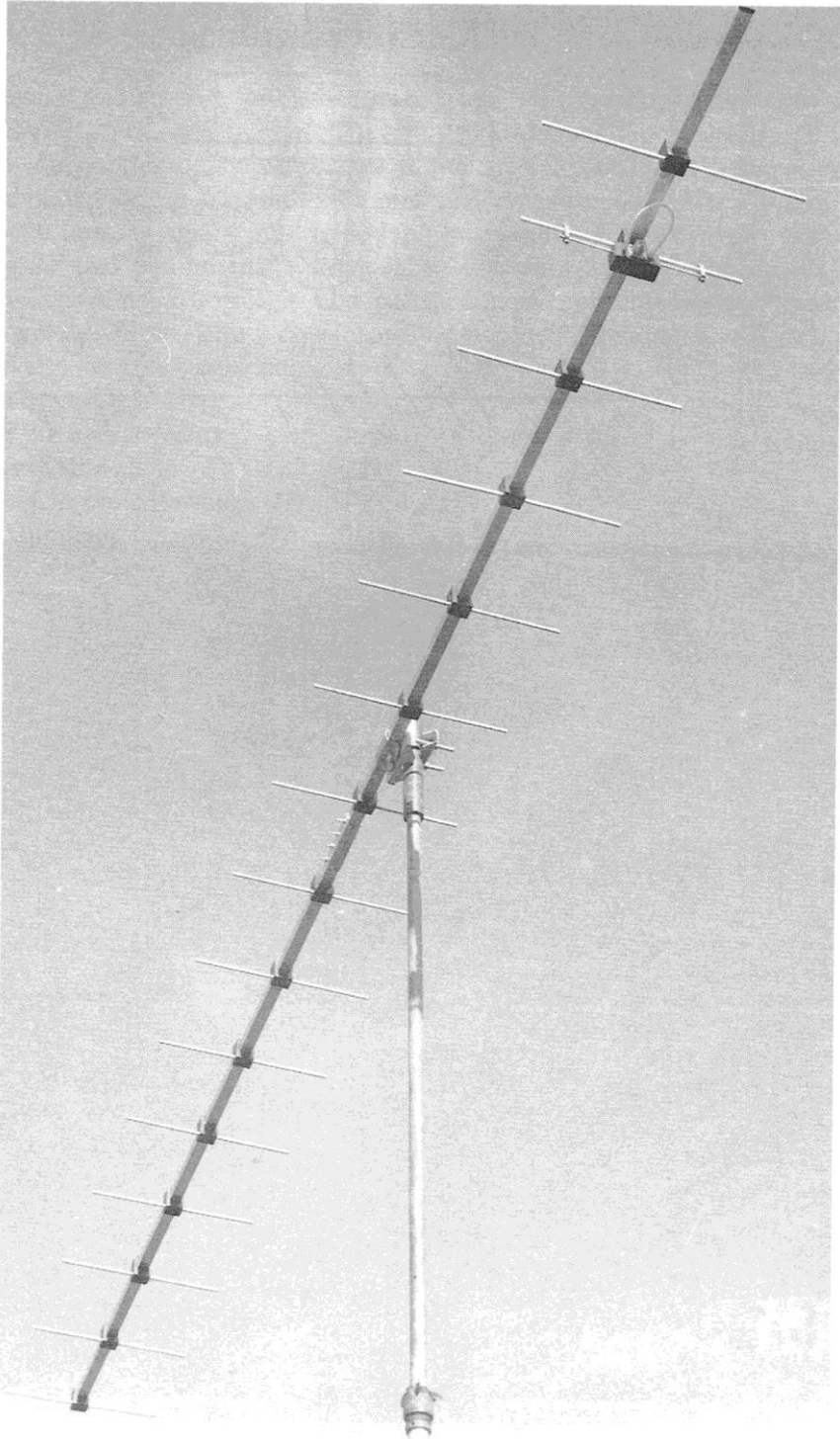
4.3.4. 15-elementowa antena Yagi

Antena przedstawiona na rysunku 129 jest 15-elementową anteną Yagi z prostym dipolem [13], dopasowanym do linii transformatorem typu T oraz balunem 4:1 z kabla koncentrycznego (rys. 131). Wszystkie elementy wykonano z rurek aluminiowych o średnicy 6 mm, odizolowane od nośnika uchwytem z tworzywa sztucznego. Nośnik wykonano z rury kwadratowej 20 × 20 mm. Wymiary anteny oraz sposób wykonania wibratora przedstawiono na rysunku 130.

Elementy dopasowujące transformator wykonano z pręta miedzianego o średnicy 3 mm. Strojenie polega na przesuwaniu zwór po obu stronach transformatora wibratora i dobraniu takiej odległości, przy której WFS jest najmniejszy.

Parametry anteny:

1. Zysk energetyczny 14,2 dBd
2. Impedancja 50 Ω
3. Kąt promieniowania (H) 30°
4. Tłumienie tył-przód F/B 15 dB
5. Długość 3,2 m
6. Ciężar 1,5 kg



Rys. 129. 15-elementowa antena Yagi — 70 cm

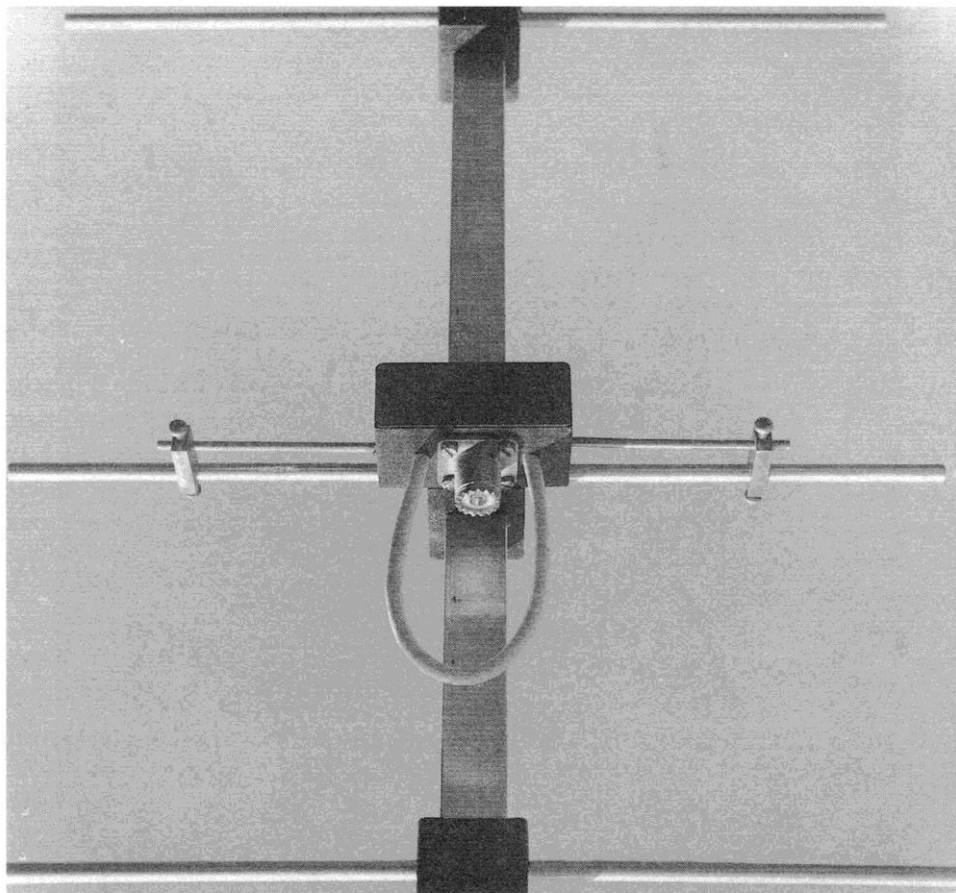
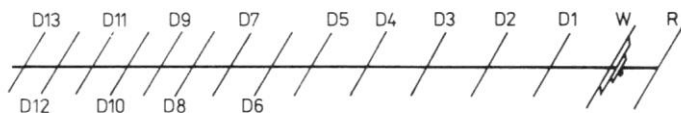
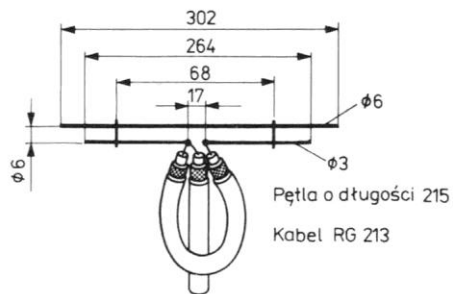
Rys. 130. Wymiary anteny

15-elementowej

Długości elementów [mm]:

 R — 349 W — 302 $D1-D2$ — 316 $D3$ — 304 $D4$ — 300 $D5$ — 298 $D6$ — 294 $D7-D13$ — 292

Odległości między elementami [mm]:

 $R-W$ — 140 $W-D1$ — 158 $D1-D2$ — 208 $D2-D3$ — 272 $D3...-D13$ — 213,5**Rys. 131.** Wibrator anteny

4.3.5. 28-elementowa antena Yagi

Opisana antena jest 28-elementową Yagą do łączności dalekiego zasięgu w pasmie 70-centymetrowym [20] (rys. 132). Ma ona dipol pętlowy 50Ω oraz podwójny reflektor, co powiększa tłumienie F/B do 25 dB. Elementy z rurki aluminiowej PA-6 o średnicy 8 mm zamocowano na nośniku kwadratowym 20×20 mm. Wymiary anteny podano na rysunku 133. Ze względu na swoją długość (5,5 m) antena wymagała zastosowania podpórki wzmacniającej, przymocowanej równolegle pod nośnikiem, za pomocą czterech skręconych uchwytów. Ze względu na zastosowanie usztywnienia antena powinna pracować w polaryzacji poziomej.

Parametry techniczne:

- | | |
|----------------------------|-------------|
| 1. Zysk energetyczny | 18 dBd |
| 2. Impedancja | 50Ω |
| 3. Kąt promieniowania (H) | 24° |
| 4. Tłumienie tył-przód F/B | 25 dB |
| 5. Długość | 5,5 m |
| 6. Ciężar | 4,0 kg |

4.3.6. 21-elementowa antena Yagi

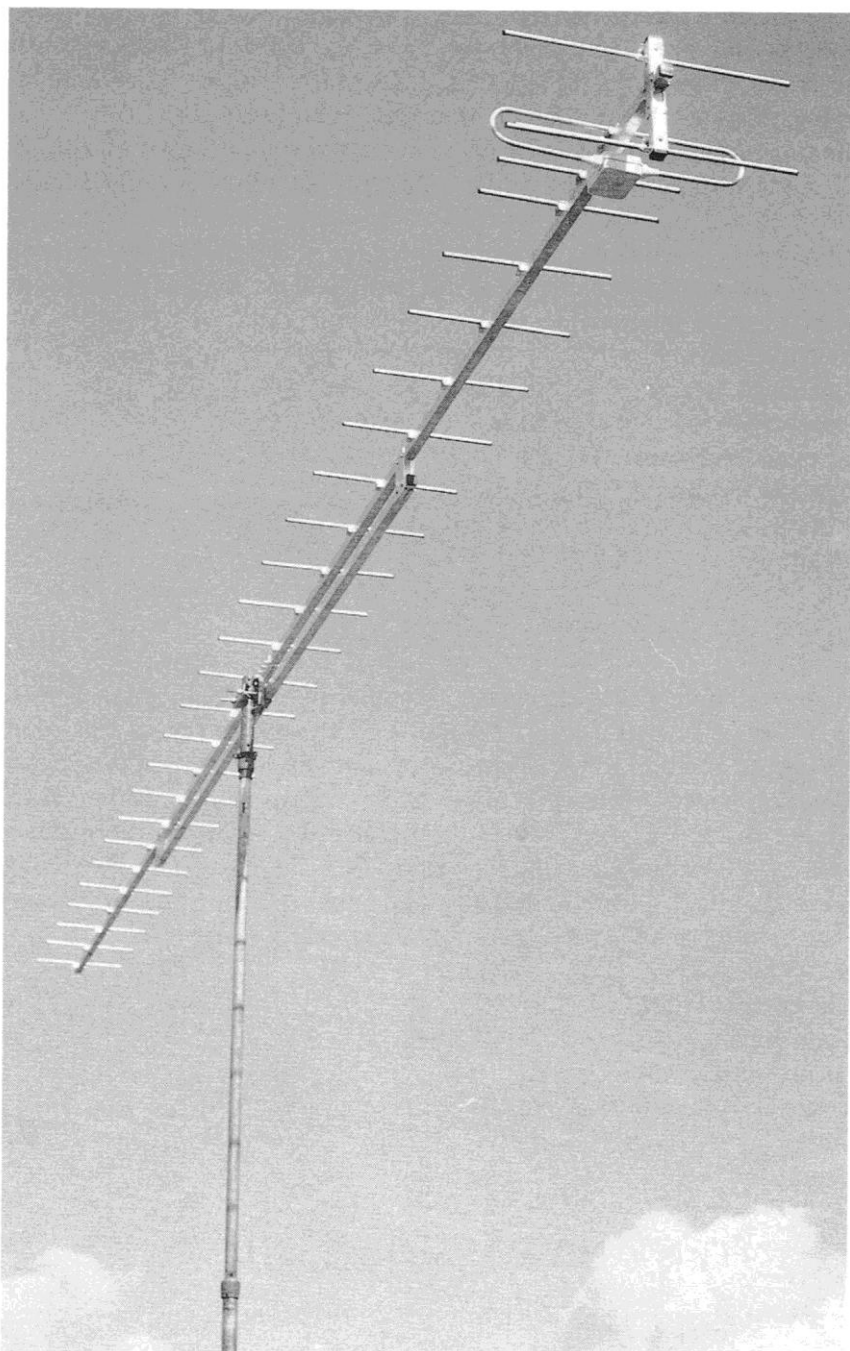
Na rysunku 134 przedstawiono klasyczną antenę F9FT, o długości elektrycznej $6,6 \lambda$, tzn. ok. 4,5 metra [2]. Dipol pętlowy 75Ω wykonano z pręta aluminiowego o średnicy 5 mm, a direktory i reflektor — 4 mm. Dipol musi być odizolowany od nośnika. Pozostałe elementy przepuszczono przez nośnik 20×20 mm. Wymiary każdej anteny F9FT są krytyczne, więc ich dokładne odwzorowanie jest niezbędne do uzyskania właściwych parametrów anteny. W rozdziale 4.2.3.4. podano odległości i sposób połączenia 2 i 4 anten F9FT na pasmo 70-centymetrowe, w celu uzyskania większego zysku energetycznego.

Parametry techniczne

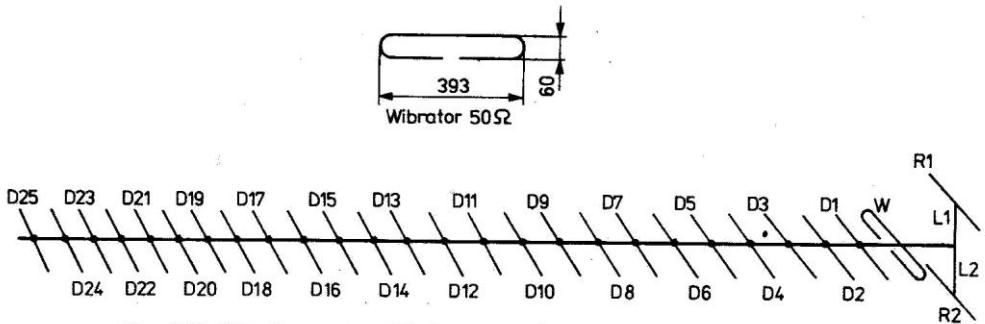
- | | |
|----------------------------|-------------|
| 1. Zysk energetyczny | 16,8 dBd |
| 2. Impedancja | 75Ω |
| 3. Kąt promieniowania (H) | 27° |
| 4. Tłumienie tył-przód F/B | 15 dB |
| 5. Długość | 4,5 m |
| 6. Ciężar | 2,5 kg |

4.4. ANTENY NA PASMO 1,2 GHz

Konstruowanie anten dipolowych na pasmo 1296 MHz (23 cm) nastęrcza pewne trudności, związane z małymi wymiarami elementów oraz precyzją ich wykonania. Tolerancję wymiarów mierzy się na tym pasmie już w dziesiątych częściach milimetra.

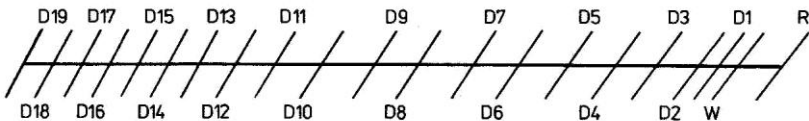
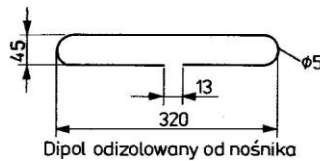


Rys. 132. 28-elementowa antena Yagi — 70 cm



Rys. 133. Wymiary anteny 28-elementowej

Długość elementów [mm]:	Odległości między elementami [mm]:
$R1 = R2$ — 425	$R-W$ — 140
$L1$ — 85	$W-D1$ — 30
$L2$ — 55	$D1-D2$ — 90
W — 393	$D2-D3$ — 90
$D1$ — 295	$D3-D4$ — 185
$D2-D3$ — 286	$D4-D5$ — 195
$D4-D5$ — 280	$D5-D6$ — 210
$D6-D9$ — 277	$D6-...D25$ — 210
$D10-D14$ — 274	
$D15-D25$ — 270	

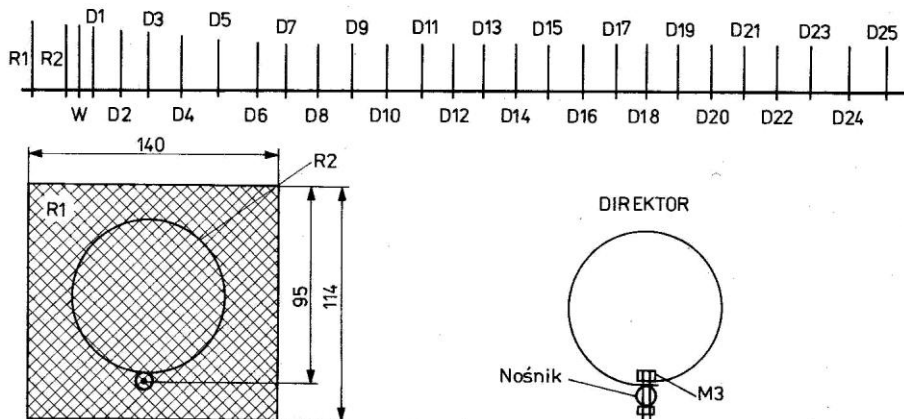


Rys. 134. 21-elementowa antena F9FT — 70 cm

Długości elementów [mm]:	Odległości między elementami [mm]:
R — 360	$R-W$ — 138
W — 320	$W-D1$ — 62
$D1$ — 325	$D1-D2$ — 74
$D2$ — 315	$D2-D3$ — 163
$D3-D4$ — 305	$D3-D4$ — 183
$D5-D7$ — 300	$D4-D5$ — 200
$D8-D12$ — 290	$D5-D6$ — 235
$D13-D15$ — 285	$D6-D19$ — 270

4.4.1. 28-elementowa antena Yagi-Loop

W celu zwiększenia zysku energetycznego w przedstawionej antenie, zastosowano zamiast prostych, półfalowych direktorów i wibratora, całofalowe elementy zwinięte w okrągłą pętlę [14] (rys. 135). Direktory i pierwszy reflektor wykonano z taśmy aluminiowej $0,7 \times 4,8$ mm, natomiast wibrator z taśmy miedzianej, aby



Rys. 135. 28-elementowa antena Yagi na 1,2 GHz

Obwody elementów [mm]:	<i>W</i> — <i>D1</i> — 28,5
<i>R2</i> — 245,6	<i>D1</i> — <i>D2</i> — 21,1
<i>D1</i> — <i>D11</i> — 209,6	<i>D2</i> — <i>D3</i> — 45,2
<i>D11</i> — <i>D25</i> — 203,2	<i>D3</i> — <i>D4</i> — 45,2
Odstępności między elementami [mm]:	<i>D4</i> — <i>D5</i> — 31,8
<i>R2</i> — <i>R1</i> — 78,6	<i>D5</i> — <i>D6</i> — 58,6
<i>R2</i> — <i>W</i> — 24,1	<i>D6</i> — <i>D25</i> — 90,4

ułatwić przyłutowanie kabla. Otwory na końcach taśmy przewiercono, przed zwinieniem jej w pierścień w następujących odległościach:

R — 245,5 mm

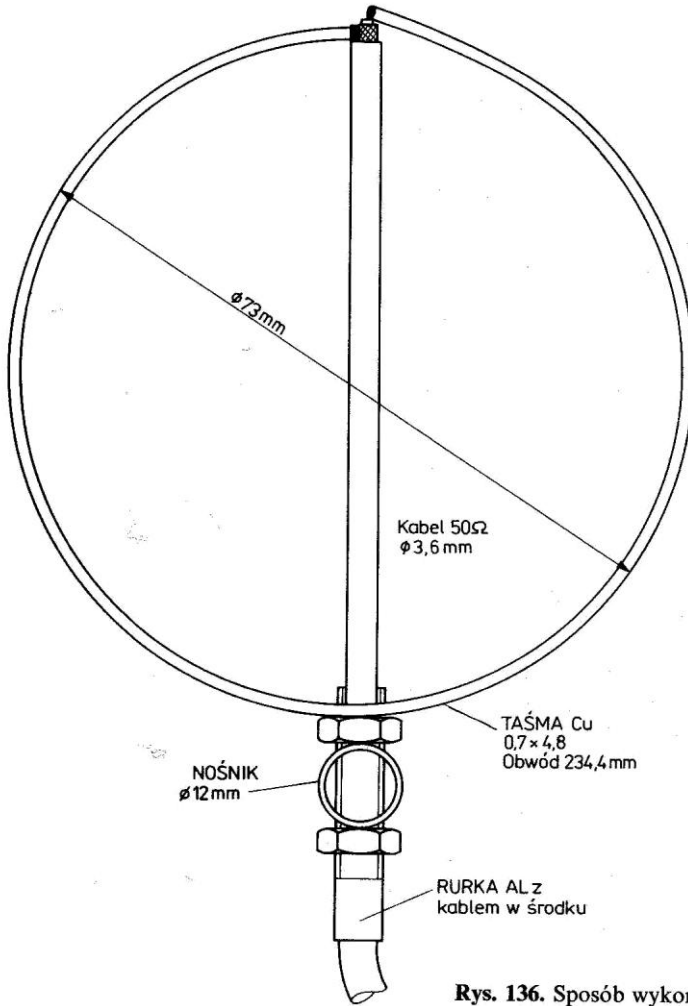
D1—*D11* — 209,6 mm

D12—*D25* — 203,2 mm

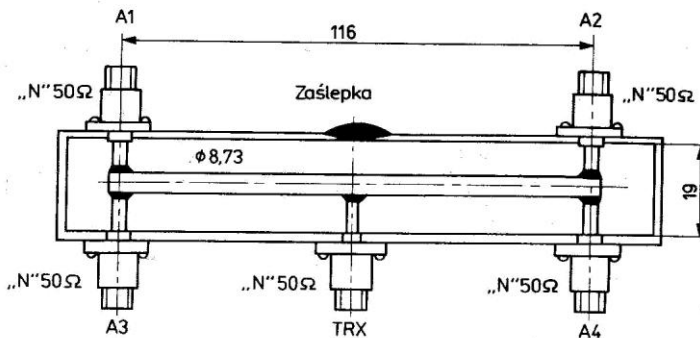
Po zwinieniu taśmy w okrąg, poprzez oba otwory należy poprowadzić śrubę M3 o długości 15 mm, dzięki której pętla zostaje przymocowana do nośnika — boomu. Wibrator wykonano z paska o obwodzie 234,4 mm, w którego środku wywiercono otwór o średnicy 3 mm, potrzebny do połączenia z nośnikiem. Na końcach: wykonano półkolistę wcięcie o średnicy 3 mm do przyłutowania ekranu kabla koncentrycznego oraz na drugim końcu otwór do przyłutowania „żyły gorącej” — \varnothing 1 mm (rys. 136). Do połączenia wibratora z gniazdem zasilającym typu N zastosowano cienki kabel koncentryczny o impedencji 50 Ω i średnicy zewnętrznej 3,6 mm. Pierwszy reflektor wykonano z siatki miedzianej lub mosiężnej, o wymiarach 114 \times 140 mm i przymocowano go na końcu nośnika. Nośnik z rury aluminiowej o średnicy 12 mm.

Zysk energetyczny anteny wynosi ok. 16 dBd i zależy w głównej mierze od staranności wykonania wszystkich elementów. Można dodać kolejne 11 direktorów, co powiększy zysk anteny o 1,7 dB, z tym, że direktory od 11 do 36 będą miały obwód 195,6 mm.

Cztery opisane anteny można połączyć w układ antenowy, za pomocą rozdzielacza (rys. 137). Spowoduje to wzrost zysku układu o ok. 6 dB (minus straty na łączeniu). Rozdzielacz wykonano z kwadratowej rury aluminiowej

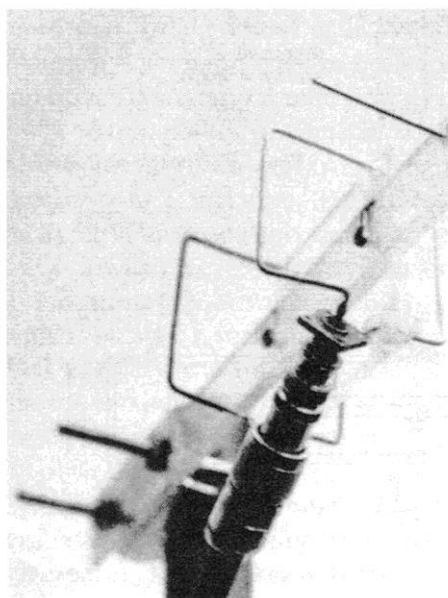
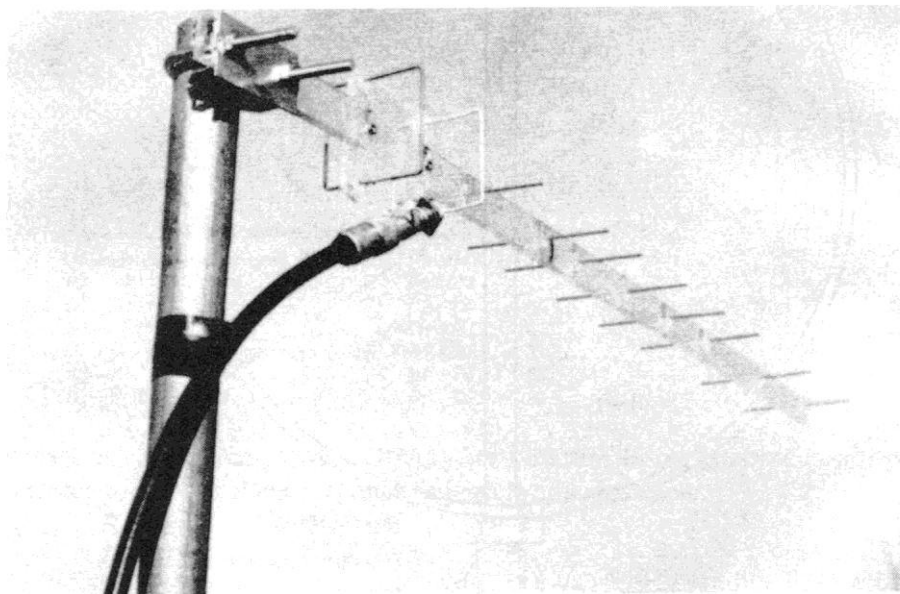


Rys. 136. Sposób wykonania wibratora



Rys. 137. Rozdzielacz antenowy

o wymiarze wewnętrznym 19 mm, w której zamocowano 5 gniazd typu N. Łącznik wewnętrzny wykonano z posrebrzanego pręta miedzianego o średnicy 6 mm i długości 116 mm. Do połączenia anten z rozdzielaczem zastosowano kabel H-100. Odległość pomiędzy antenami wynosi 470—600 mm.

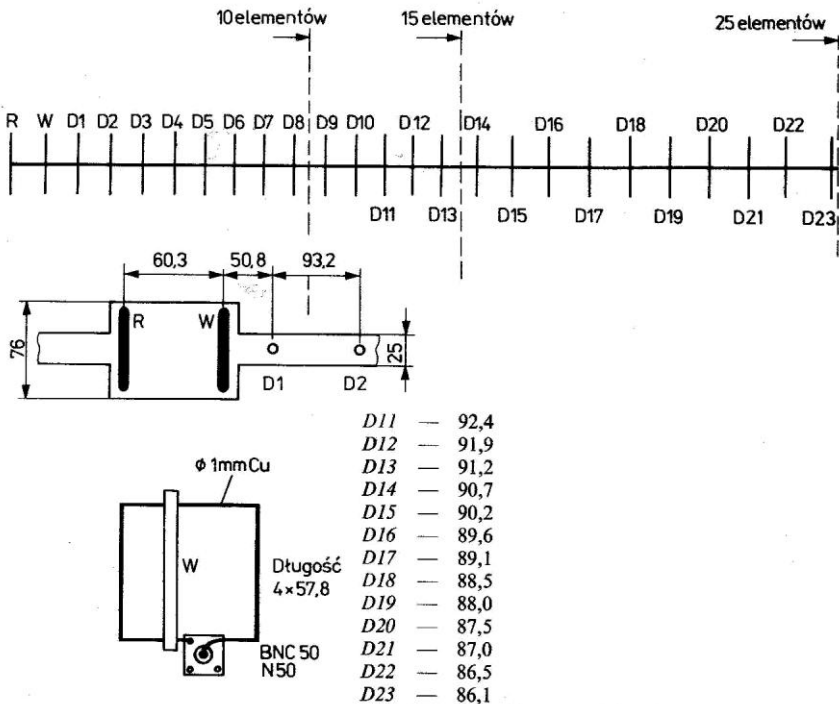


Rys. 138. 10-elementowa antena Quagi

4.4.2. Antena Quagi

Antena Quagi powstaje przez połączenie anteny qubical quad (anteny pętlowej) z anteną Yagi. Wiadomo, że anteny pętlowe mają większy zysk niż anteny dipolowe (półfalowe), ze względu na podwójną długość elementów, lecz są bardziej wrażliwe na odchylenia od wymiarów.

Na rysunku 138 przedstawiono 10-elementową antenę Quagi o długości 762 mm [13] ($3,3 \lambda$). Nośnik anteny wykonano z pleksiglasu o grubości 6 mm i szerokości 25 mm. Nośnik-boom rozszerza się do 76 mm w miejscu montażu wibratora i reflektora pętlowego (rys. 139). Wszystkie elementy wykonano



Rys. 139. Wymiary anteny Quagi

Długości elementów [mm]:

<i>R</i>	—	242,9
<i>W</i>	—	235,0
<i>D1</i>	—	99,3
<i>D2</i>	—	98,6
<i>D3</i>	—	98,0
<i>D4</i>	—	97,3
<i>D5</i>	—	96,5
<i>D6</i>	—	96,0
<i>D7</i>	—	95,2
<i>D8</i>	—	94,5
<i>D9</i>	—	94,0
<i>D10</i>	—	93,2

Odstępy między elementami [mm]:

<i>D2—D3</i>	—	50,2
<i>D3—D6</i>	—	74,2
<i>D6—D7</i>	—	120,6
<i>D7—D8</i>	—	100,0
<i>D8—D9</i>	—	95,2
<i>D9—D10</i>	—	97,3
<i>D10—D11</i>	—	89,7
<i>D11—D12</i>	—	104,8
<i>D12—D13</i>	—	116,3
<i>D13—D16</i>	—	87,2
<i>D16—D17</i>	—	76,0
<i>D17—D18</i>	—	76,6
<i>D18—D19</i>	—	76,4
<i>D19—D23</i>	—	76,0

z drutu miedzianego o średnicy 1 mm w izolacji z PCW. Końce reflektora zlutowano na zakładkę. Końce wibratora połączono z gniazdem BNC, mającym kwadratowy kołnier. Lepsze, ze względu na mniejsze straty, byłoby zastosowanie gniazda typu N, wtyku N oraz kabla H-100 do połączenia anteny z transceiverem. Na rysunku 139 pokazano jednocześnie, że można zwiększyć liczbę elementów do 15 ($5,3 \lambda$ — 1219 mm) lub 25 (9λ — 2100 mm). Uzyskuje się wówczas następujące zyski energetyczne:

— 10 elementów	13,5 dBd
— 15 elementów	14,0 dBd
— 25 elementów	16,0 dBd

Tak, jak w przypadku anteny pętlowej można połączyć cztery anteny Quagi, za pomocą rozdzielacza (rys. 137), umieszczając je w odległości 500—600 mm (w pionie i w poziomie).

5 MATERIAŁY I PODZESPOŁY DO BUDOWY I MOCOWANIA ANTEN

W rozdziale 5 po raz pierwszy zostaną dokładniej opisane materiały i podzespoły do budowy anten wraz z adresami producentów i dystrybutorów. Wszystkie poważniejsze zagraniczne poradniki o antenach, jak np. The ARRL Antenna Book zawierają rozdziały podające rodzaje materiałów do samodzielnego wykonywania anten oraz gdzie je można kupić na terenie danego kraju. Ze względu na specyfikę naszego krajowego rynku, autor ograniczył informacje do adresów producentów oraz największych stabilnych dystrybutorów. Podawanie adresów sklepów detalicznych jest niecelowe, ze względu na częstą zmianę profilu ich sprzedaży, powstawanie nowych i upadanie starych sklepów. Do aktualnej sieci dystrybucji można dotrzeć poprzez producentów, którzy obecnie bardzo chętnie udzielają informacji, wysyłają foldery o swoich wyrobach i adresach dystrybutorów.

W następujących podrozdziałach zostaną opisane takie materiały, jak: rury, kable, złączki, materiały izolacyjne, systemy zamocowań itp.

5.1. RURY ALUMINIOWE

Aluminium jest metalem lekkim ($2,7 \text{ g/cm}^3$) o temperaturze topnienia ok. 660°C .

Dobrze przewodzi prąd elektryczny i ciepło, a pod wpływem tlenu i warunków atmosferycznych ulega pasywacji. Proces ten polega na pokrywaniu się metalu warstwą tlenku, która hamuje dalszy proces korozji aluminium. Jako ciekawostkę należy podać, że czyste aluminium jest odporne na stężony kwas azotowy. Dzięki dodatkom innych metali, rury aluminiowe są twardsze od czystego metalu. Dodając do aluminium magnez otrzymuje się popularny stop zwany duraluminium, który jest jednak stosunkowo drogim materiałem. Najczęściej spotykanymi na rynku stopami są PA-6 lub PA-43. Wykonywane

są z nich rury, pręty, blachy i kształtowniki. Do największych producentów wyrobów z aluminium należy zaliczyć:

1. Zakłady Metali Lekkich „Kęty” S.A.

32-650 Kęty, ul. Kościuszki 111

tel. (0381) 522-51 do 60, tlx 035203 zml pl, fax (0381) 530-94

Zakłady produkują między innymi:

1. 6000 różnego rodzaju profili ciągnionych, o max. przekroju poprzecznym mieszczącym się w kole o średnicy 200 mm,
2. Rury ciągnione od średnicy 5 mm, grubości ścianki 1 mm, do średnicy 100 mm i grubości ścianki 4 mm,
3. Pręty ciągnione od średnicy 5 do 50 mm,
4. Folię aluminiową o grubości od 0,009 mm.

Na rysunku 140 przedstawiono wymiary typowych rur kwadratowych, produkowanych przez zakłady w Kętach [22].

2. Huta Aluminium Konin S.A.

62-510 Konin, ul. Hutnicza 1

tel. (063) 42-11-14, tlx 048521, fax (063) 42-16-00, komertel (39) 122003

Zakłady w Koninie produkują podobny asortyment jak Kęty. Ponadto:

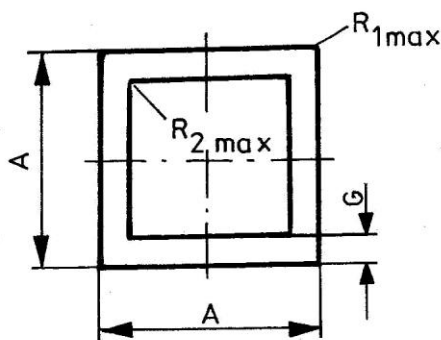
1. Płyty aluminiowe i z jego stopów,
2. Blachy i taśmy.

Sapa Poland

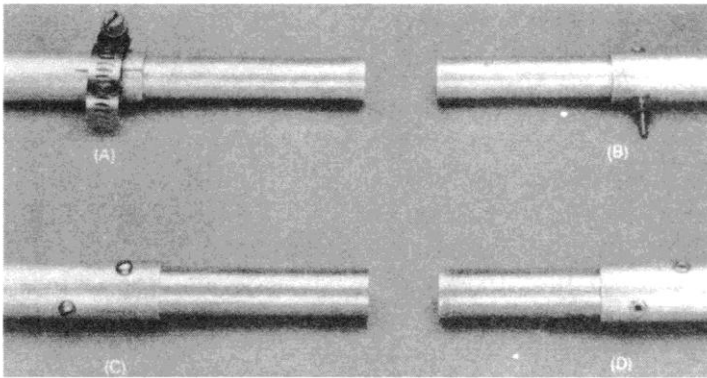
64-980 Trzcianka, ul. Kopernika 32

tel. (067) 16-23-00, fax (067) 16-22-00

Rury aluminiowe sprzedawane przez wymienione firmy są produkowane w parzystych typoszeregach, tzn. o średnicach zewnętrznych: 6, 8, 10, 12, 14 mm itd. Przy grubości ścianek 1 mm, rurkę można wcisnąć w drugą o jeden wymiar wyższą, np. rurkę 6 mm do rurki 8 mm. Ułatwia to znacznie wykonywanie elementów pionowych i poziomych o stopniowanych średnicach. Sposoby



Rys. 140. Wymiary rur kwadratowych ZML „Kęty”



Rys. 141. Sposoby łączenia rur

łączenia rur o różnych średnicach pokazano na rysunku 141. W celu ułatwienia wciśnięcia jednej rury w drugą można naciąć wzdłużnie rurę o większej średnicy, a po wciśnięciu zacisnąć objemką. Bardziej elegancką metodą jest rozgrzanie rury o większej średnicy i wciśnięcie w nią rury o mniejszej średnicy. Rura stygnąc kurczy się i zaciska się, dając jednocześnie pewniejsze połączenie galwaniczne.

5.2. MATERIAŁY IZOLACYJNE

Niejednokrotnie przy konstruowaniu anten niezbędne jest zastosowanie izolatorów, karkasów cewek, przekładek, głównie tworzyw sztucznych. Poprzednio wykorzystywano materiały ceramiczne, lecz miały one podstawową wadę, były kruche i nie można ich było obrabiać tocząc czy frezując.

Obecnie istnieje wiele tworzyw sztucznych, o różnych parametrach fizykochemicznych, zarówno twardych jak i miękkich. Oto niektóre z nich.

5.2.1. Polichlorek winylu (PCW)

PCW jest najtańszym tworzywem sztucznym, lecz o dużych możliwościach modyfikacji. Poprzez odpowiednie dodatki można uzyskać twardy PCW — WINIDUR, półtwardy — IGIELIT, czy zupełnie miękki w postaci folii, np. izolacyjnej. Ze wszystkich tworzyw sztucznych jest on najbardziej rozpowszechniony na świecie. Nas interesować będą głównie takie wyroby jak pręty winidurkowe, rury (osłony, obudowy, karkasy, itp.) czy też wężyki, jako izolacja. Do największych przetwórców PCW należą następujące firmy:

1. Zakłady Tworzyw Sztucznych

„ERG” Wąbrzeźno S.A.

87-200 Wąbrzeźno, ul. Dąbrowskiego 2

tel. (056) 88-18-41, tlx 0552205, fax (056) 88-24-92

2. Zakłady Tworzyw Sztucznych**„GAMRAT”****38-200 Jasło, ul. Mickiewicza 108****tel. (017805) 20-21, 30-71, tlx 65342, fax (017805) 73-80****5.2.2. Polietylen (PE)**

Jedno z tańszych tworzyw sztucznych o charakterystycznym parafinowym połysku i dotyku. PE jest lżejszy od wody, powyżej 150°C topi się. Jest tworzywem miękkim, daje się łatwo formować: wytłaczać, wtryskiwać, wydmuchiwac. Do najpopularniejszego wyrobu z PE można zaliczyć woreczki foliowe, również do kontaktu bezpośredniego z żywnością. Z PE produkowane są również pręty i rury półtwarde. Wiele firm produkuje wyroby z polietylenu, jedną z nich są

Zakłady Tworzyw Sztucznych**„Krywald-ERG” S.A.****44-195 Knurów, ul. Zwycięstwa 288****tel. (031) 135-22-30, tlx 036306, fax (031) 135-15-92****5.2.3. Polipropylen (PP)**

Tworzywo sztuczne o podobnych parametrach jak PE. Gęstość 0,9 g/cm³. Twardsze od polietylenu. Łatwo można formować metodą wytłaczania, wtrysku lub rozdmuchu. Do najbardziej popularnych wyrobów można zaliczyć torby reklamowe z folii. Folia z PP różni się od folii z PE tym, że jest twardsza i bardziej „szeleszcząca”. Producentem wałków i rur z PP są:

Zakłady Azotowe w Tarnowie-Mościcach S.A.**33-101 Tarnów, ul. E. Kwiatkowskiego 8****tel. (014) 33-07-81, tlx 66261, fax (014) 33-07-18**

Z.A. w Tarnowie produkują również Tarflen, Tarnamid oraz Tarnoform, które to tworzywa, ze względu na swoje właściwości mechaniczne bardziej będą nas interesować.

5.2.4. Tarflen (PTFE)

Jest to tworzywo o barwie białej, bardziej znane pod nazwą TEFLON (Du Pont — USA). Tarflen posiada następujące cechy użytkowe [27]:

- wysoka odporność chemiczna, na działanie prawie wszystkich substancji (w tym rozpuszczalników organicznych),
- wysoka odporność termiczna (–260 + 260°C),
- niski współczynnik tarcia (właściwości samosmarne),
- nie ulega starzeniu pod wpływem warunków atmosferycznych.

Optymalizacje właściwości PTFE dla określonych zastosowań umożliwiają kompozycje z wypełniaczami (szkło, grafit, brąz itp.). Tarflen produkowany jest w postaci: płyt, wałków, tulei, rur, taśm, sznurów itp.

5.2.5. Tarnamid (PA-6)

Bardziej popularną nazwą Tarnamidu jest poliamid. Jest to tworzywo twarde, o gęstości $1,14 \text{ g/cm}^3$ i temperaturze topnienia 221°C . Łatwo poddaje się obróbce skrawaniem, należy jednak pamiętać o chłodzeniu detalu i narzędzia tnącego. Tarnamid, celem uzyskania określonych parametrów może być modyfikowany, przez dodanie: grafitu (właściwości samosmarujące), inhibitora palenia, barwnika lub np. włókna szklanego (większa udarność). Produkowany jest w postaci wałków o średnicach: 32 i 24 mm i długościach 135 mm.

Tarnamid do celów konstrukcyjnych dobrze nadaje się na izolatory w złożonych układach antenowych (trapy, odciąg i itp) [27].

5.2.6. Tarnoform (POM)

Ze wszystkich tworzyw sztucznych produkowanych przez zakłady w Tarnowie najbardziej do celów krótkofalarskich przy budowie anten nadaje się Tarnoform. Jest to nowoczesne tworzywo konstrukcyjne do pracy pod obciążeniami mechanicznymi, w wielu zastosowaniach konkurujące ze stalą. Podstawowe zalety Tarnoformu:

- dobra wytrzymałość zmęczeniowa,
- dobra udarność w temperaturach do -40°C ,
- odporność na pełzanie,
- stabilność wymiarów w czasie pracy,
- samosmarowność i niski współczynnik tarcia,
- bardzo mała chłonność wody,
- odporność na większość rozpuszczalników organicznych.













Tarnamid naturalny ma kolor biały. Produkowany jest w postaci granulatu do obróbki metodą wtrysku lub na zamówienie w postaci wałków o średnicach 24 i 32 mm. Ze względu na swoją wytrzymałość można z niego wykonywać: izolatory anten drutowych, połączenia izolacyjne między rurami w antenach kierunkowych i GP, izolatory podstaw, karkasy cewek itp. Jest to jednak tworzywo najdroższe ze wszystkich opisanych.

5.3. KABLE KONCENTRYCZNE, PRZEWODY

W niniejszym rozdziale zostaną przedstawione kable koncentryczne krajowe i zagraniczne oraz druty i linki miedziane wraz z adresem ich producentów.

Obecnie do zasilania anten stosuje się niesymetryczne kable koncentryczne o impedancji 50 i 75Ω . Rozpowszechnienie się kabli koncentrycznych,

50 Ω

TYP		RG-213 U	740.75 2.28 BC	7.25	Cu	10.3	94	50	10	95
\varnothing mm		RG-58 U	dnt 0.81BC	2.95	CuSn	4.95	93.5	53.5	-	95
PE \varnothing mm		RG-58 A/U	190.18 0.811C	2.9	CuSn	4.95	101	50	-	96
Ekran		RG-58 C/U	190.18 0.91C	2.95	CuSn	4.95	101	50	240	95 lub 40
PCV \varnothing mm		Wtiek 50 2.25/7.25	740.75 2.25 BC	7.25	Cu+Cu	11.0 ± 0.3	100 ± 4	50 ± 2	11.0	90
POJEMNOŚĆ SKUTECZNA (pF/m)		Wtiek 50 2.25/7.25	740.75 2.25 BC	7.25	Cu	10.3 ± 0.3	100 ± 4	50 ± 2	11.0	90
IMPEDANCJA FALOWA przy 200 MHz (Ohm)		Wtiek 50 0.96/2.95	740.32 0.96 BC	2.95	Cu	5.0 ± 0.2	100 ± 4	50 ± 2	240	80
WSPÓŁCZYNNIK IZOLACYJNO-energetyczny		Wtiek 50 0.50/1.5	740.17 0.50 BC	1.5	Cu	2.8 ± 0.2	100 ± 4	50 ± 2	45.0	80
TEJMIENNOŚĆ FALOWA przy 200 MHz (dB/100 m)		WMDek 50 5.0/17.3	dnt 5.0 BC	17.3	Cu+Cu	23.0 ± 0.5	100 ± 4	50 ± 2	5.6	95
WSPÓŁCZYNNIK IZOLACYJNO-energetyczny		WMD 50 5.0/17.3	dnt 5.0 BC	17.3	Cu	22.0 ± 0.5	100 ± 4	50 ± 2	5.6	95
WSPÓŁCZYNNIK IZOLACYJNO-energetyczny		WMDek 50 0.90/2.95	dnt 0.9 BC	2.95	Cu+Cu	5.8 ± 0.2	100 ± 4	50 ± 2	22.0	90
WSPÓŁCZYNNIK IZOLACYJNO-energetyczny		WMD 50 0.90/2.95	dnt 0.9 BC	2.95	Cu	5.0 ± 0.2	100 ± 4	50 ± 2	22.0	80

Rys. 142. Kable koncentryczne 50 Ω

75 Ω

WVD-75 0,89/3,7	WVD-75 0,9/3,4	WVD-75 1,15/7,25	WVD-75 2,7/17,3	WVL-75 0,45/2,45	WVL-75 0,63/3,7	WVL-75 1,2/7,25	WVL-75 1,2/7,25	RG-11 A/U	RG-11 U	RG-59 U	RG-59 B/U
drut 0,59 BC	drut 0,9 BC	drut 1,15 BC	drut 2,7 BC	drut 0,45 BC	drut 0,63 BC	drut 1,2 BC	drut 1,2 BC	7x0,40 1,2 TC	drut 1,63 BC	drut 0,64 SC	drut 0,6 SC
3,7 PE	5,4 PE	7,25 PE	17,3 PE	2,65 PE	3,7 PE	7,25 PE	7,25 PE	7,25 PE	7,25 FP	3,7 PE	3,7 PE
Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
6,0 ± 0,2	7,2 ± 0,2	10,3 ± 0,3	22,0 ± 0,5	3,9 ± 0,2	6,0 ± 0,2	10,3 ± 0,3	11,0 ± 0,3	10,3	10,3	6,15	6,15
67 ± 2,6	67 ± 2,6	67 ± 2,6	67 ± 2,6	67 ± 2,6	67 ± 2,6	67 ± 2,6	67 ± 2,6	62,5	53	68	67
75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3	75	75	73	75
19,0	11,0	10,0	5,6	52,0	22,0	12,0	12,0	11,0	-	-	-
95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	95 lub 86	95

* Przewód wykonany zgodnie z WT 91/K-389

Opakowanie standardowe: 50 i 100 m kręgli.

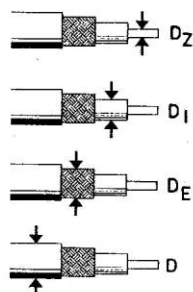
Zgodnie z życzeniem możliwe inne rodzaje opakowania.

BC - góła miedź

TC - ocynowana miedź

SC - drut słabowo-miedziany

Rys. 143. Kable koncentryczne 75 Ω



- 1) PE – polietylen
 2) PCW – polichlorek winylu
 3) Cu – miedź

Rys. 144. Importowane kable koncentryczne

Parametr	Typ		
	RG 58 C/U	RG 213/U	RG218/U
1. Żyła gorąca	Cu ¹	Cu	Cu
2. Izolacja	PE ²	PE	PE
3. D_z [mm]	19 × 0,18	7 × 0,75	4,95
4. D_I [mm]	2,95	7,25	17,30
5. D_E [mm]	3,20	8,00	18,50
6. D [mm]	4,95	10,30	22,10
7. Izolacja zewnętrzna	PCW ³	PCW	PCW
8. Pojemność [pF/m]	97	97	97
9. Tłumienność dB/100 m			
... 10 MHz	4,5	2,0	0,8
... 50 MHz	10,8	4,2	2,0
... 200 MHz	25,0	9,4	4,6
... 500 MHz	35,0	13,8	7,4

wyparło kable symetryczne (płaskie) oraz drabinkowe linie napowietrzne, z zastosowań krótkofalarskich i nie tylko. Do podstawowych zalet kabli koncentrycznych należy zaliczyć: zwartą budowę oraz niepromieniowanie energii w.cz. Ponadto, można nimi bezpośrednio zasiląć większość anten niesymetrycznych o podobnej, jak kabel, impedancji. Wadami kabli koncentrycznych są: większe tłumienie, wysoki koszt oraz niemożność bezpośredniego zasilania anten symetrycznych (np. dipol). Najważniejszym parametrem kabla, poza jego impedancją, jest jego tłumienie dla prądów w.cz. Tłumienie to zależy od częstotliwości, a z drugiej strony od budowy kabla, tzn. od jego wymiarów poprzecznych oraz zastosowanego dielektryka. Ogólnie rzecz biorąc, tłumienie kabla jest tym mniejsze, im większa jest jego średnica. Na wyższych pasmach, gdzie tłumienie kabli jest większe należy stosować niskostratne, grube kable zasilające, których cena jest jednak wyższa od innych kabli średniego typu. Największym krajowym producentem kabli współosiowych jest:

Fabryka Kabli „Zalom”

70-895 Szczecin, ul. Kabłowa 1

tel. 60-10-03, tlx 0422153, fax 60-12-89

Na rysunkach 142 i 143 pokazano różne typy 50 i 75 Ω kabli koncentrycznych produkowanych przez ZAŁOM [26].

Zakład w Szczecinie produkuje również linki miedziane o średnicach: 1 do 10 mm, przewody miedziane w izolacji (PCW) oraz druty nawojowe, miedziane w emalii typu DNE. Z zagranicznych koncentryków najbardziej popularne w kraju są typy: RG 58, RG 213, RG 218 i H 100, produkcji amerykańskiej. Na rysunku 144 przedstawiono parametry i wymiary kabli importowanych [9]. Można je kupić w każdym sklepie ze sprzętem krótkofalarskim i CB.

5.4. ZŁĄCZA ANTENOWE

Bardzo ważnymi elementami instalacji antenowych są złącza antenowe. Służą one do łączenia nadajnika z kablem zasilającym oraz anteną. Podstawowym złączem jest: wtyk, gniazdo lub tzw. redukcja lub przelotka. Istnieją różne standardy złącz: BNC, TNC, C, UC-1, N. W związku z tym, niejednokrotnie przechodząc z jednego standardu na drugi trzeba stosować redukcję. Ponadto, liczba różnych złączy się podwaja, ze względu na dwie różne impedencje: 50 i 75 Ω .

Złącza typu C, stosowane w starszego typu stacjonarnych i przewoźnych urządzeniach profesjonalnych, wychodzą już z użycia, choć można je jeszcze spotkać w radiotelefonach firmy RADMOR.

Złącza typu TNC różnią się od BNC tylko tym, że zamiast zamknięcia bagnetowego mają gwint.

Złącza typu N są niejako, połączeniem wtyku BNC i UC-1, mają najmniejszą stratność, największą hermetyczność i najwyższą... cenę. Należy jednak podkreślić, że jest to złącze, które ze względu na swoje zalety, będzie najbardziej popularnym typem.

Do najbardziej popularnych standardów na świecie i w naszym kraju należą: BNC i UC-1.

UC-1 przeznaczone jest głównie do urządzeń dużej mocy (1 kW), ma „żyłą gorącą” o średnicy 4 mm oraz gwint do części ekranującej (wtyk, gniazdo). Złącze BNC, o mniejszych wymiarach, stosowane jest do urządzeń mniejszej mocy (radiotelefony przenośne i przewoźne do 25 W). Żyła gorąca ma średnicę 0,8 mm, a obudowa ekranująca, łączona jest na złącze bagnetowe (gniazdo, wtyk). Złącza typu BNC i UC-1 można stosować w pasmach KF oraz w pasmie dwumetrowym. W pasmach 70 cm i powyżej, ze względu na niskie straty, zalecane jest stosowanie złącz typu N.

Największym i jedynym producentem złącz wszystkich wymienionych typów oraz redukcji i przelotek w kraju jest:

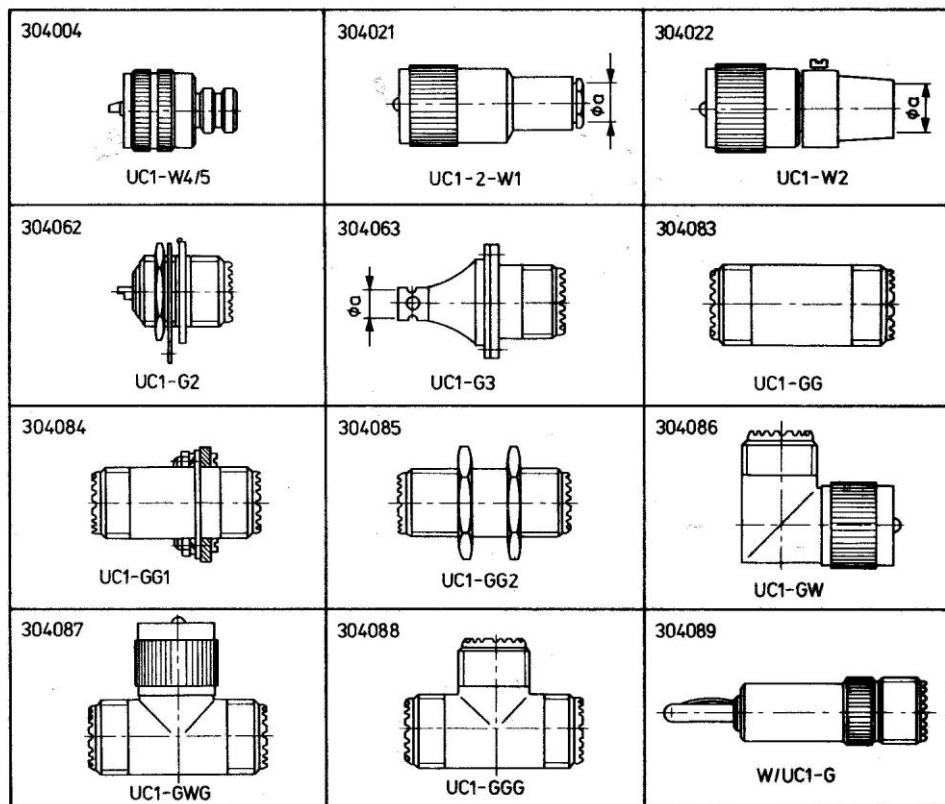
Zakład Zespołów Elektronicznych

„UNICON”

78-200 Białogard, ul. Świdwińska 21

tel. (09412) 24-31, 20-75, tlx 0532463, fax (09412) 43-36

Złącza produkowane przez zakład w Białogardzie charakteryzują się dobrymi parametrami i powtarzalnością wymiarów [28]. Złącza BNC są srebrzone a UC-1 niklowane. Na rysunkach 145, 146, 147, 148, 149 przedstawiono różne typy złącz wszystkich standardów, wraz z oznaczeniami zakładowymi. Bardzo korzystną formą sprzedaży stosowaną przez ZZE „UNICON” jest sprzedaż wysyłkowa, za zaliczeniem pocztowym. Więcej informacji otrzyma czytelnik kontaktując się bezpośrednio z działem marketingu ZZE „UNICON” (tel. 20-75). Asortyment zakładu jest bardzo szeroki i obejmuje następujące grupy wyrobów:

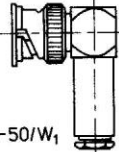
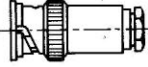


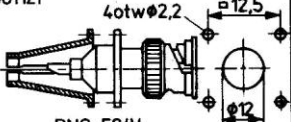
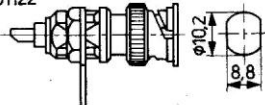
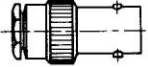

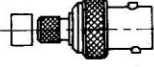
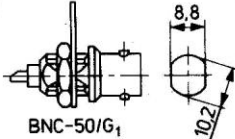
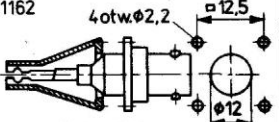
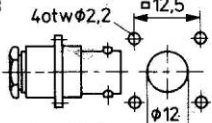
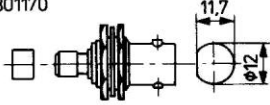
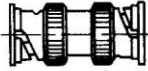

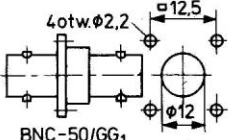
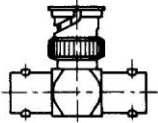
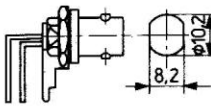


Rys. 145. Złącza współosiowe UC1

- anteny samochodowe (radiowe, TV, UKF i CB) oraz teleskopowe,
- złącza RTV i satelitarne, rozgałęźniki,
- zwrotnice antenowe i satelitarne (podzespoły instalacji sieciowych),
- końcówki, podstawki, wtyki, gniazda audio.

5.5. SYSTEMY ZAMOCOWAŃ ANTEN

Najczęściej po zakupie anteny zaczynamy się zastanawiać w jaki sposób zamocujemy antenę?. Sprawa poprawnego zamocowania anteny, przeważnie bagatelizowana przez krótkofalowców, niejednokrotnie nastrocza wiele problemów. Maszt, na którym spoczywa antena, musi spełniać poza warunkami wytrzymałościowymi, także warunek bezpieczeństwa. Należy sobie zdać sprawę, że maszt, zamocowania i sama antena musi wytrzymywać nie tylko naprężenia statyczne, spowodowane ciężarem poszczególnych elementów układu, lecz również obciążenia dynamiczne spowodowane głównie podmuchami wiatru, które są wielokrotnie większe.

<p>301101</p>  <p>BNC-50/W₁</p>	<p>301102</p>  <p>BNC-50/W₂</p>	<p>301103</p>  <p>BNC-50/W₃</p>
	<p>301115</p>  <p>BNC-50/W₁₅</p>	<p>301121</p>  <p>BNC-50/V₁</p>
<p>301122</p>  <p>BNC-50/V₂</p>	<p>301142</p>  <p>BNC-50/N₂</p>	<p>301143</p>  <p>BNC-50/N₃</p>
<p>301150</p>  <p>BNC-50/N₁₀</p>	<p>301161</p>  <p>BNC-50/G₁</p>	<p>301162</p>  <p>BNC-50/G₂</p>
<p>301163</p>  <p>BNC-50/G₃</p>	<p>301170</p>  <p>BNC-50/G₁₀</p>	<p>301181</p>  <p>BNC-50/WW₁</p>
<p>301182</p>  <p>BNC-50/NN₁</p>	<p>301183</p>  <p>BNC-50/GG₁</p>	<p>301184</p>  <p>BNC-50/NWN₁</p>
<p>301461</p>  <p>GV-2W/1</p>		

Rys. 146. Złącza BNC-50

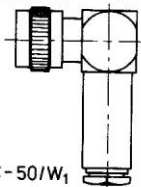
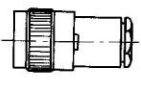
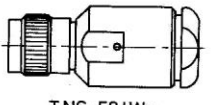
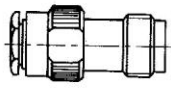
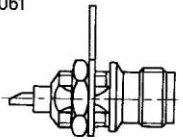
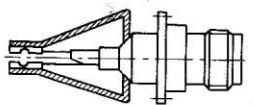
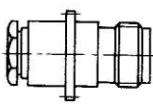
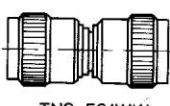
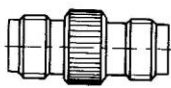
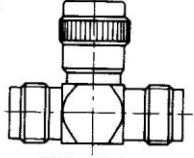
Największym i obecnie jedynym w Polsce dystrybutorem wszelkiego rodzaju zamocowań antenowych od przeszło 6 lat jest:

Elektronic World Sp. z o.o.

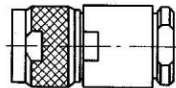
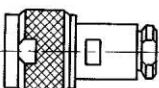
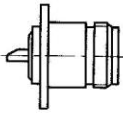
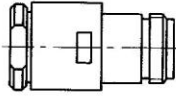
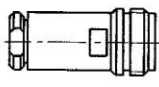
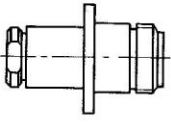
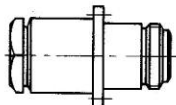
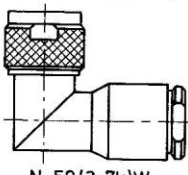
Antenne Fitting System

03-642 Warszawa, ul. Penelopy 3

tel./fax. 679-45-59

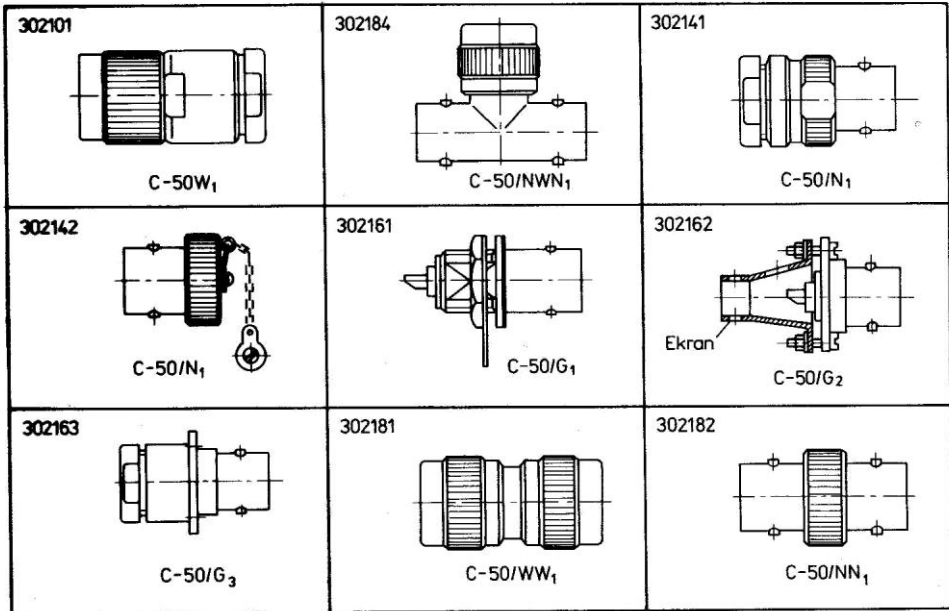
<p>303001</p>  <p>TNC-50/W₁</p>	<p>305002</p>  <p>TNC-50/W₂</p>	<p>303002</p>  <p>TNC-50/W_{2,3}</p>
<p>303042</p>  <p>TNC-50/N₂</p>	<p>303061</p>  <p>TNC-50/G₁</p>	<p>303062</p>  <p>TNC-50/G₂</p>
<p>303063</p>  <p>TNC-50/G₃</p>	<p>303081</p>  <p>TNC-50/WW₁</p>	<p>30302</p>  <p>TNC-50/NN₁</p>
<p>303084</p>  <p>TNC-50/NWN₁</p>		

Rys. 147. Złącza współosiowe TNC-50

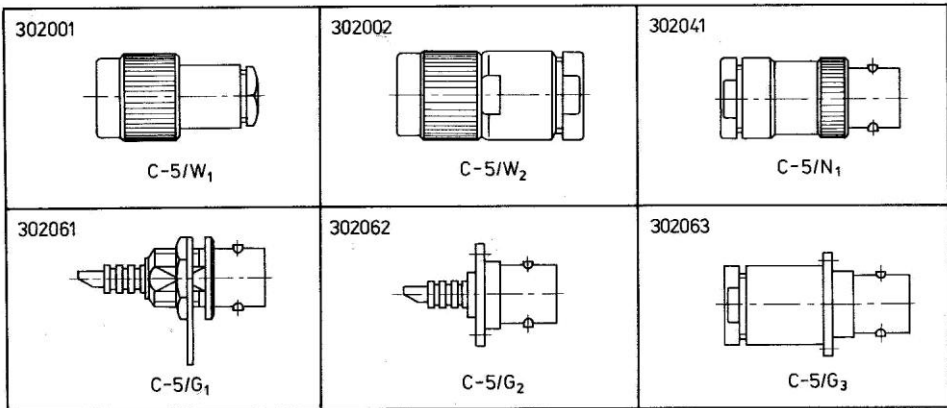
<p>312002</p>  <p>N-50/W₂</p>	<p>312004</p>  <p>N-50(2-3)W₄</p>	<p>312061</p>  <p>N-50/G₁</p>
<p>312063</p>  <p>N-50/G₃</p>	<p>312064</p>  <p>N-50/G₄</p>	<p>312065</p>  <p>N-50(2-3)G₅</p>
<p>312065</p>  <p>N-50(2-7)G₅</p>	<p>312012</p>  <p>N-50(2-7k)W₂</p>	

Rys. 148. Złącza współosiowe C

a



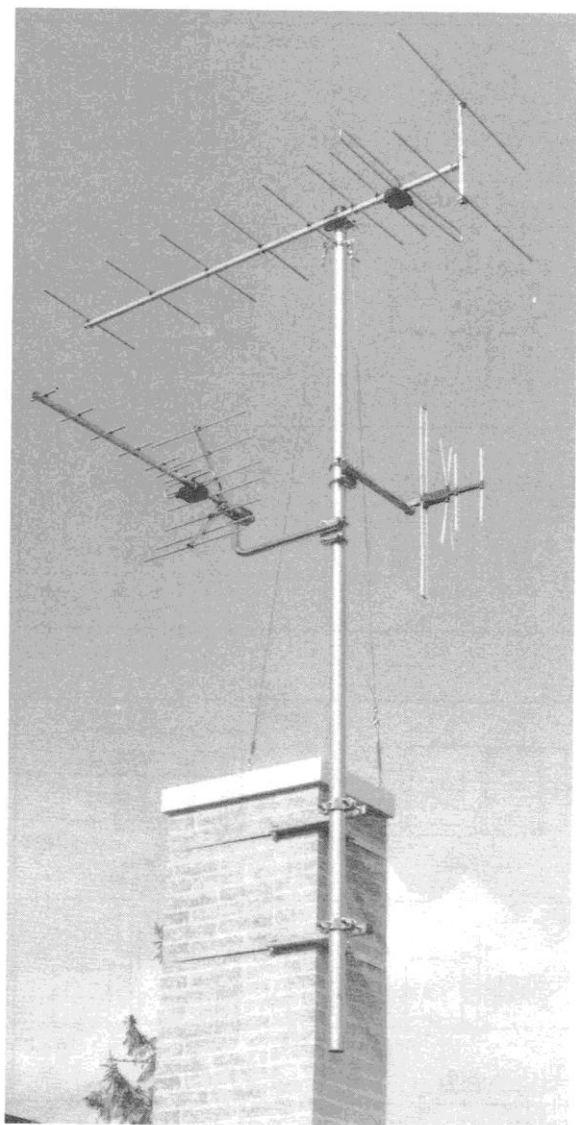
b



Rys. 149. Złącza współosiowe N-50
a — C-50, b — C-5

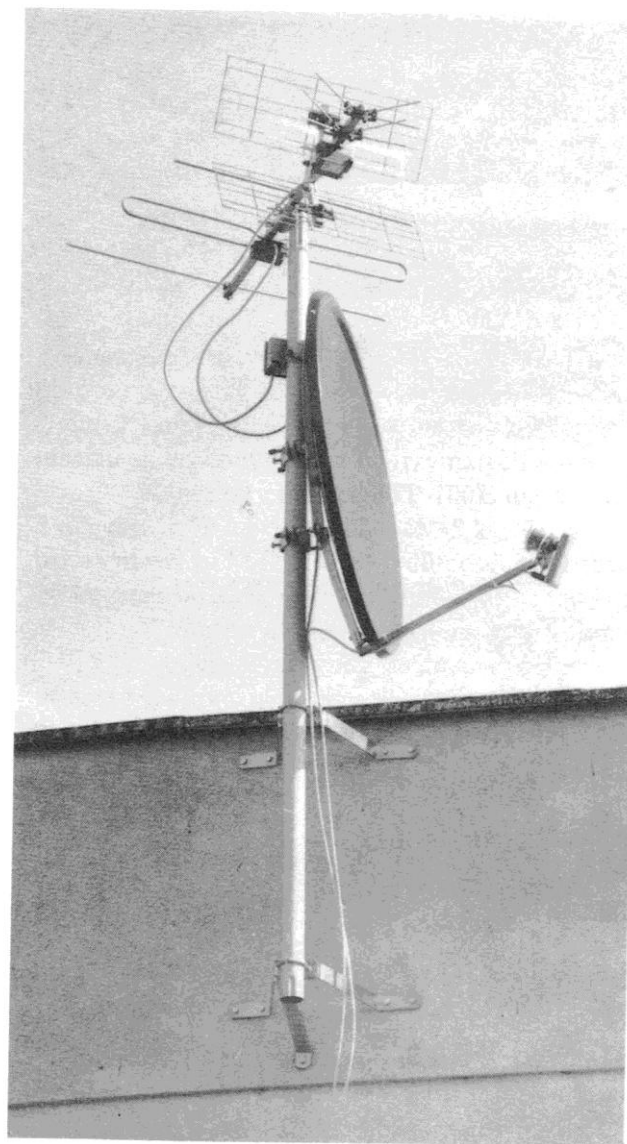
Wszystkie wyroby od masztów do śrub zostały zaprojektowane i wykonane w Szwecji [25]. Rury, taśmy i inne detale wykonano ze specjalnej stali stopowej zabezpieczonej antykorozyjnie przez pocynkowanie. Firma oferuje cały system zamocowań (AFS), w którym poszczególne elementy mogą być stosowane wymiennie. Można je dopasować do każdego typu budynku czy dachu. AFS oferuje następujące typy zamocowań:

- za pomocą taśmy stalowej o obejm, do komina (rys. 150),
- na podstawie przykręconej do podłoża, z kompletem odciągów,



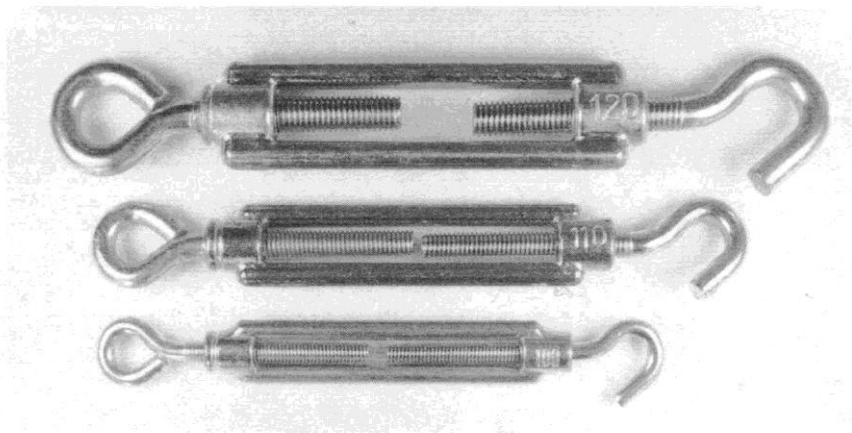
Rys. 150. Mocowanie do komina

- między krokwiami,
- do ściany (rys. 151),
- do ściany i do dachu z rozsuwaną podporą
oraz kompletny zestaw podzespołów do montażu anten takich, jak:
śruby rzymskie (rys. 152) szkle, linki stalowe, kotwy, kausze (rys.
153), ściski do linek, stopy masztu, odskocznie od masztu, szczegól-
nie potrzebne do mocowania anten UKF w polaryzacji pionowej,
podwójne odskocznie, do tworzenia układów antenowych.

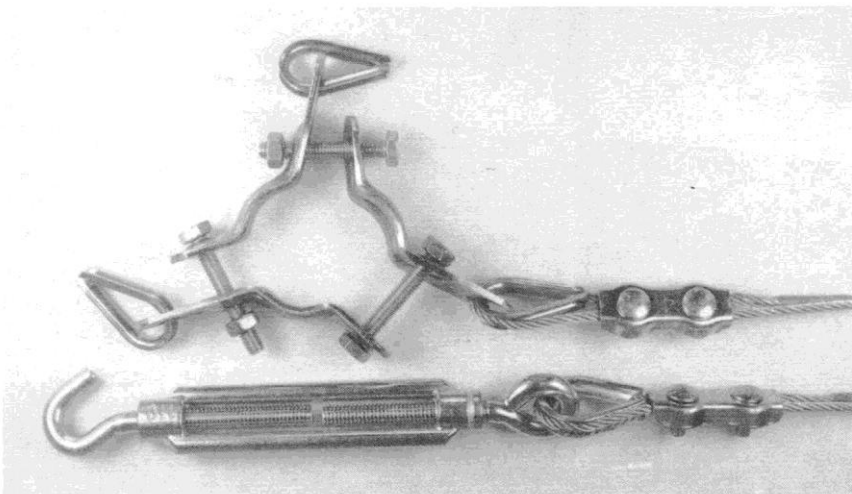


Rys. 151. Mocowanie do ściany

Dużą grupą asortymentową są wszelkiego rodzaju uchwyty do mocowania anten bezpośrednio do masztu oraz rury stalowe, cynkowane o średnicach: 32, 38, 50 i 76 mm. Każda z rur ma zwężone zakończenie, przez co można je zestawiać w maszty o kilkunastometrowej wysokości. Pojedyncza rura ma długość od 1 do 3 metrów. Zabezpieczenie antykorozyjne wszystkich detali jest tak skuteczne, że elementy znajdujące się na dachu kilka lat, mają taki sam wygląd (połysk) jak nowe, jeszcze nie montowane elementy.



Rys. 152. Śruby rzymskie



Rys. 153. System odciągów

Pełną ofertę firmy Elektronic World stanowi przeszło 60 pozycji. Oto kilka adresów większych dystrybutorów, na terenie całego kraju:

1. „Grafex”, Poznań, ul. Łąkowa 14a
2. „Tuner Serwis”, Olsztyn, Pl. Puławskiego 6
3. „Telsat”, Lublin, ul. Roztocze 2
4. „Euro CB Radio”, Bydgoszcz, ul. Brzozowa 48
5. „Samex”, Rybnik, ul. Zawiszy Czarnego 23
6. „Antena”, Gdynia, ul. Działdowska 16
7. „Argos”, Łódź, ul. Nowa 38

5.6. MASZTY ANTENOWE

Dużym udogodnieniem jest do mocowania anten, zwłaszcza w warunkach polowych, stosowanie pneumatycznych masztów teleskopowych. Producentem takich masztów w kraju jest:

Zakład Urządzeń Hutniczych

„ZAM”

32-650 Kęty, ul. Kościuszki 115

tel. (0381) 523-85, tlx 035462, fax (0381) 536-53

Podnoszenie masztu może odbywać się za pomocą kompresora 0,15 MPa lub pompki samochodowej. Po wysunięciu masztu konieczne jest zastosowanie 1 lub 2 kompletów odciągów, w zależności od wysokości masztu. Elementy masztu są wykonywane z wytrzymałych stopów lekkich.

Najwyższy maszt MTP-100E ma długość 13,3 metra (po złożeniu ok. 3 m), ciężar 76 kg oraz nośność 35 kg. Cena — ok. 4000 zł (z VAT-em). Najniższy maszt to MTP-101 SI o długości 3,3 metra (po złożeniu 1,8 m), ma ciężar 20 kg oraz nośność 40 kg. Cena — ok. 1500 zł (z VAT-em).

W ofercie „ZAM” występuje 10 masztów o różnych długościach (5,5; 7; 9,5; 12 m) o maksymalnym udźwigu do 40 kg. Przy niektórych masztach pompka znajduje się w komplecie. Maszt, po zastosowaniu podstawy izolacyjnej może służyć również jako antena pionowa.

W związku z tym, że sposoby montażu anten częściowo opisano przy omawianiu poszczególnych rodzajów anten KF i UKF, pozostałe informacje zostaną podane w niniejszym rozdziale. Ważnym zagadnieniem jest również skuteczne uziemienie, które chroni radiostację przed wyładowaniami atmosferycznymi, jak również poprawia charakterystykę promieniowania anteny („sztuczna ziemia”).

6.1. MONTAŻ ANTEN KF I UKF

Anteny drutowe są zawieszane najczęściej nad dachem budynku lub nad ziemią, przy wykorzystaniu: wysokich drzew, masztów, nadbudówek, kominów, itp. W przypadku anten wykazujących pewną kierunkowość staramy się zawiesić antenę drutową w ten sposób, aby antena promieniowała w kierunku najbardziej nas interesującym. Jednocześnie staramy się zawiesić antenę możliwie jak najwyżej nad ziemią, z dala od dużych metalowych przedmiotów, aby nie powodować zniekształcenia charakterystyki promieniowania i impedencji anteny. Ze względu na bezpieczeństwo należy zwrócić również uwagę na to, aby antena nie była najwyższą konstrukcją w okolicy, gdyż jest wówczas najbardziej narażona na wyładowania atmosferyczne. Jeśli nie uda się sprostać temu wymogowi, to najwyższy maszt podtrzymujący antenę powinien mieć instalację odgromową.

Przed rozpoczęciem zakładania anteny należy najpierw uzyskać zgodę właściciela (administratora) budynku, najlepiej pisemną. Do dziś nie istnieją przepisy prawne, które gwarantowałyby krótkofalowcowi prawo do zawieszenia anteny. Niejednokrotnie zgoda lub odmowa zawieszenia anteny przez administratora jest objawem dobrej lub złej woli. Krótkofalowiec musi sobie zdawać sprawę, że wchodząc na dach w celu zainstalowania anteny ponosi on odpowiedzialność za szkody spowodowane w czasie instalacji i użytkowania

anteny. Wszelkie otwory pod maszty lub odciaży powinny być po zakończeniu prac zalane gorącym lepikiem.

W zawieszeniu anten drutowych powinny brać udział przynajmniej dwie osoby, najlepiej kontaktujące się ze sobą przy pomocy radiotelefonów przenośnych. Ze względów bezpieczeństwa, przy pracy na wysokości, należy bezwzględnie stosować pasy bezpieczeństwa, przypięte linami do stałych, mocnych konstrukcji dachowych. Narzędzia niezbędne do montażu anteny należy przechowywać w torbie przewieszanej przez ramię [3]. Na ziemi, pod budynkiem, na którym zostanie zawieszona antena należy umieścić duży, czytelny napis „UWAGA! PRACA NA WYSOKOŚCI”! oraz prowizorycznie zagrozić przejście. Na rysunku 18 pokazano różne metody zawieszania anten drutowych KF, w zależności od stałych podpór wkoło budynku, w którym jest umieszczona radiostacja.

Do powieszenia anteny drutowej pomiędzy dwoma budynkami niezbędne są dwie osoby. Antenę rozwiniętą, z odpowiednio długimi odciazami kładziemy na ziemi dokładnie w miejscu jej rzutu pionowego, po powieszeniu. Następnie jedna osoba wchodzi na dach ze sznurkiem i po obciążeniu spuszcza go z dachu w miejscu, gdzie będzie zaczepiony odciaz. Druga osoba przywiązuje do sznurka koniec odciazu anteny, po czym daje sygnał (np. radiotelefontycznie), że można podnieść antenę z jednej strony. Po jej odniesieniu, odciaz należy przywiązać na stałe do komina lub innej stałej konstrukcji dachowej. Przy podwiązywaniu należy zwrócić uwagę, aby dobrać taką odległość środka anteny od okna radiostacji, aby kabel zasilający był jak najkrótszy. Następnie jedna osoba wchodzi na drugi dach budynku i powtarza się czynność z wciąganiem anteny, za pomocą opuszczanego sznurka. Bardzo ważne jest teraz naprężenie anteny, która to czynność nie jest łatwa i wbrew pozorom wymaga użycia dużej siły. Antena nie może być naprężona zbyt mocno, gdyż przy silnych mrozach może się skrócić i pęknąć. Zbyt luźne naprężenie spowoduje „tańczenie” anteny przy każdym podmuchu wiatru.

Kabel zasilający wprowadzamy do mieszkania w podobny sposób, stosując sznurek.

Anteny podwieszane do drzew powinny mieć bloczki z obciążeniem, zamiast stałego zamocowania, gdyż kołysanie się drzewa na wietrze może również spowodować zerwanie anteny.

Anteny typu GP lub kierunkowe (beam) należy mocować na maszcie. Jeżeli mieszkamy w bloku, wówczas masztem może być rura stalowa o średnicy 40—60 mm i długości do 5 metrów. U podstawy rury należy przyspawać płytę stalową o grubości 8 mm i wymiarach 40 × 40 cm. Na czterech rogach płyty należy wywiercić otwory (15 mm), przez które przejdą śruby mocujące podstawę do dachu. Obecnie dostępne są na rynku kołki rozporowe, o średnicy 15 mm z łbem sześciokątnym, które doskonale nadają się do tego celu. Jeżeli maszt jest wyższy od 3 metrów lub anteny na nim zawieszane mają dużą rozpiętość należy bezwzględnie zastosować trzy odciaży z linki stalowej na

2/3 wysokości. Przy instalowaniu odciągów należy sobie uświadomić, że tylko trzy odciągi co 120 stopni dają spodziewany efekt stabilności. Stosując większą od 3 liczbę odciągów, na jednej wysokości, można spowodować tzw. zjawisko statycznie niewyznaczalne, tzn., że siła naciągu nie będzie równomiernie rozłożona na każdy odciąg. Najprostszym przykładem takiego zjawiska jest stółek o 3 i 4 nogach. Trójnożny nigdy się nie będzie kiwał, a czworonożny... Drugim przykładem niewłaściwego odciągania może być obecnie najdłuższy (nie najwyższy) maszt radiowy w... Gąbinie.

Należy pamiętać, że wszelkie otwory, w które wkręcono kołki rozporowe (podstawa masztu, odciągi) należy zalać gorącym lepikiem.

Można również zastosować inne sposoby zamocowań oferowane przez firmę „Elektronic World AFS”, opisane w rozdziale 5.

Na wierzchołku masztu można bezpośrednio zainstalować antenę pionową lub obrotnicę anteny kierunkowej.

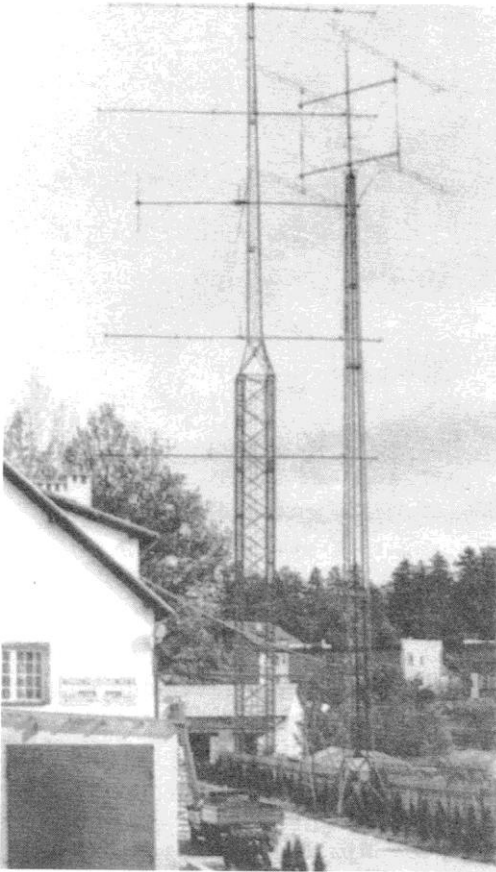
W przypadku anten kierunkowych, zwłaszcza o dużej rozpiętości, ważne jest aby konstrukcja była stabilna, nawet przy wiatrach dochodzących do 100 km/h. Antena powinna być zamocowana na maszcie symetrycznie z dwóch względów:

- równomierne obciążenie, po obu stronach masztu,
- znoszenie się naporów wiatru (zasada dźwigni dwustronnej).

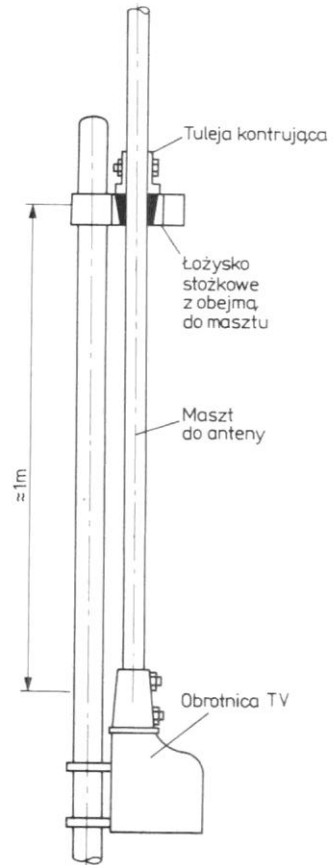
W przypadku niesymetrycznego zamocowania anteny, np. za reflektorem, parcie wiatru na antenę będzie chciało ją obrócić wokół masztu. Przy łączeniu anteny z kablem należy pozostawić pewien naddatek kabla, aby przy obracaniu nie spowodować jego ukręcenia lub wyrwania z anteny. Śruby uchwytów antenowych i obrotnicy muszą być maksymalnie dociągnięte. Każdy luz przy silnych wiatrach z czasem może spowodować rozluźnienie mocowania i upadek anteny lub złamanie masztu.

Mieszkając w domu jednorodzinnym istnieje możliwość postawienia masztu, w postaci kratownicy lub masztu teleskopowego, pneumatycznego, opisanego w rozdziale 5. Każdy maszt wolnostojący, powyżej 5 metrów wymaga zastosowania betonowego fundamentu. Na rysunku 154 pokazano maszt wraz z antenami, wykonany przez SP6VGP ze Zgorzelca.

Maszt o całkowitej wysokości 45 metrów jest osadzony na betonowym bloku o wymiarach $5 \times 5 \times 1,7$ m [18]. Na podstawę łącznie zużyto 20 ton betonu. U góry betonowego bloku zamontowano obrotowy portal dźwigu wieżowego ŻB 80, który zapewnia obrót całego masztu. Podstawa i obrotowy portal ważą następnie 12 ton. Zasadniczy maszt składa się z dwóch części. Maszt dolny o wysokości 23 metrów, to kratownica o podstawie 2×2 metry. Na jego szczycie zamontowano, na zawiasach maszt górny, również z kratownicy, stożkowo zwężającej się ku górze, o wysokości 22 metry. Łączny ciężar obu masztów wynosi 8 ton. Po wykonaniu podstawy betonowej i zamocowaniu konstrukcji obrotowej postawiono na niej maszt dolny, za pomocą dźwigu samojezdnego. Następnie na maszcie dolnym postawiono maszt górny, do



Rys. 154. Maszt antenowy



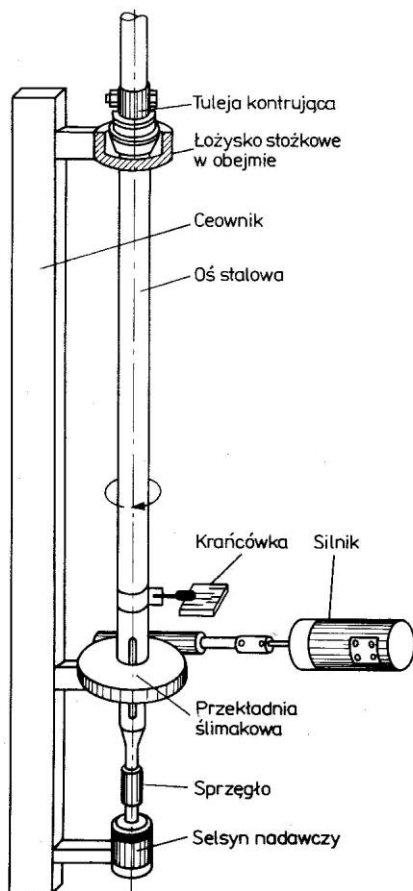
Rys. 155. Sposób mocowania obratnicy

którego zamocowano 5 anten krótkofalowych, w tym 3-elementową antenę na pasmo 40 metrów o rozpiętości 26 metrów.

Parę słów należy poświęcić obratnicom antenowym. Można je wykonać samodzielnie lub zakupić, w jednej z wielu firm, dystrybutorów sprzętu krótkofalarskiego. Przy lekkich antenach można również wykorzystać obratnice telewizyjnych anten UHF z serwomechanizmem, jak np. G-250 (Yaesu). W celu przedłużenia żywotności obratnicy, korzystne jest wykonanie (metr powyżej) stożkowego łożyska oporowego, w objętej przymocowanej do tego samego masztu co obratnica. Łożysko to przejmuje poza naciskiem anteny, boczne siły, spowodowane podmuchami wiatru (rys. 155).

Obratnicę można również wykonać samodzielnie. Należy zatem zgromadzić następujące podzespoły:

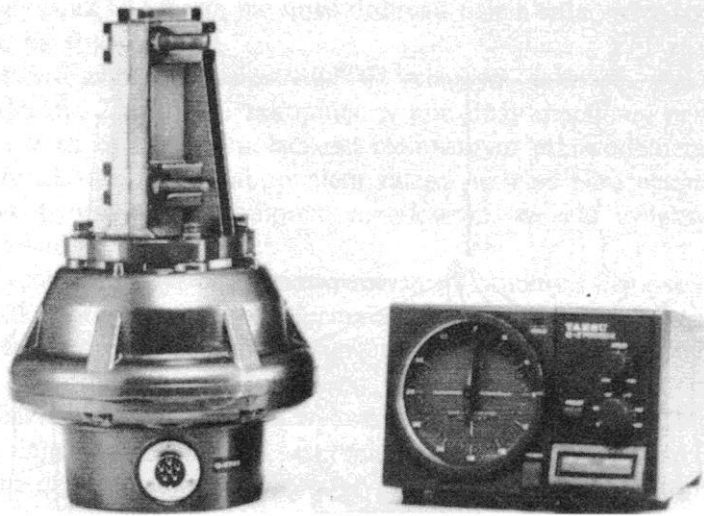
- silnik od wycieraczek samochodu STAR (lub innego ciężarowego),
- przekładnia ślimakowa 1:150,



Rys. 156. Obrotnica antenowa własnej konstrukcji

- komplet selsynów,
- łożysko stożkowe, wałeczkowe,
- 1 metr ceownika stalowego $40 \times 80 \times 40$ o gubości 4 mm,
- oś stalowa,
- sprzęgła do połączenia silnika z przekładnią i selsynami,
- wyłącznik krańcowy z dwustabilnego przełącznika telefonicznego, starszego typu.

Wszystkie te elementy należy połączyć zgodnie z rysunkiem 156. Jest to tylko rysunek schematyczny, natomiast szczegółowe wymiary zależą od rodzaju i wielkości zastosowanej przekładni, silnika i selsynów. Silnik zasilany jest trzema przewodami napięciem 12 V i w zależności od sposobu połączenia biegunów, obraca się w obie strony. Przekładnia obniża obroty dając na wyjściu ok. 1 obr./min. Selsyn nadawczy sprzężony mechanicznie z przekładnią, a elektrycznie z selsynem odbiorczym przekazuje dokładnie zmiany kąta obrotu. Wyłącznik krańcowy rozłącza zasilanie silnika w przypadku prze-



Rys. 157. Obrotnice G270GX

kroczenia 365° przez obrotnicę. Całość po zmontowaniu umieścić w hermetycznej obudowie, chroniącej urządzenie przed warunkami atmosferycznymi.

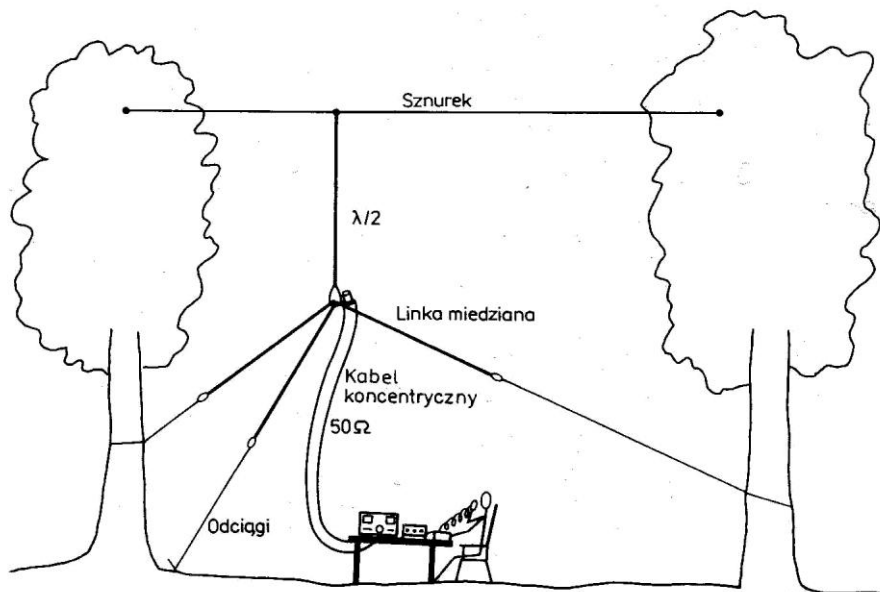
Obecnie stosowane profesjonalne obrotnice mają różne udźwigi, od 50 do 400 kg. Do najcięższych obrotnic, do anten obrotowych KF należy G-270DX (rys. 157).

Oto jej parametry techniczne [21]:

— moc elektryczna	100 W
— czas obrotu 450°	50—150 s (regulowany)
— moment obrotowy	3000 Kg/cm
— obciążenie pionowe	400 kg
— max. powierzchnia boczna obracanych anten	3 m ²
— średnica obracanego masztu	48—63 mm

Profesjonalne obrotnice antenowe, znanych firm światowych są jednak urządzeniami kosztownymi. Ich ceny wynoszą od 100 do 600 USD.

Inaczej wygląda sprawa montażu anten w warunkach polowych, gdzie czasowo przebywamy z radiostacją. Anteny drutowe w warunkach polowych wiesz się zazwyczaj między wysokimi drzewami. Do końca odciągu anteny należy przywiązać ciężki przedmiot, najlepiej młotek i przerzucić go przez najwyższe gałęzie, a po opadnięciu na dół przywiązać do drzewa. Operacja ta wymaga celnego i mocnego rzutu. Anteny pionowe i obrotowe można mocować na wolnostojących masztach wbitych w ziemię wraz z kompletem odciągów. Jako obciążenie podstawy anteny można wykorzystać samochód. Dolna rura masztu ma przyspawaną pod kątem 90° płytę stalową, na którą



Rys. 158. Polowa antena GP

należy najechać kołem tylnym samochodu. W ten sposób maszt zostaje unieruchomiony. Wykorzystuje się również zamocowania anten KF na zde-rzaku tylnym lub przy ścianie przyczepy kempingowej.

Prostą antenę GP z trzema przeciwzwagami można wykonać z linki miedzianej, izolowanej, z częścią promieniującą podwieszoną do sznura zamocowanego między drzewami (rys. 158). Przeciwzagi zostały naciągnięte za pomocą żyłki nylonowej.

6.2. UZIEMIENIA

Uziemienia stosowane przez krótkofalowców, ze względu na ich przeznaczenie można podzielić na trzy rodzaje:

- uziemienie odgromowe, zabezpieczające instalację antenową przed wyładowaniami atmosferycznymi,
- uziemienie ochronne przed porażeniem ludzi (zerowanie), głównie obudów urządzeń nadawczo-odbiorczych i zasilających, przed pojawieniem się na nich napięcia,
- uziemienie stanowiące przeciwzwagę dla niesymetrycznej anteny.

Każdy układ antenowy powinien mieć sprawny system odgromowy. Uziemieniem takim jest każda instalacja odgromowa w blokach i domach jednorodzinnych. W przypadku zbliżającej się burzy lub w okresach, gdy antena nie jest użytkowana, powinna być uziemiona. Idealem jest przypadek, gdy istnieje możliwość podłączenia anteny do domowej instalacji odgromowej. Dobrym uziemem może być również sieć wodociągowa (rur zimnej wody). Rurociągi

cieplej wody oraz CO mogą nie mieć dobrego uziemienia, gdyż są izolowane, ze względu na straty ciepła.

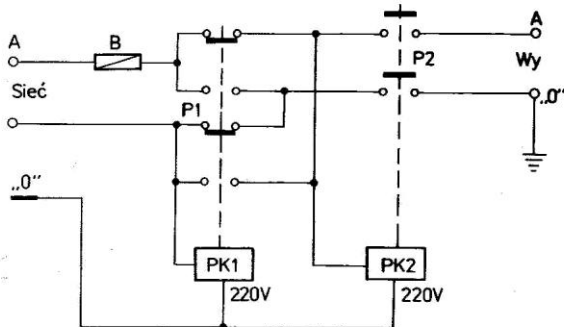
Można wykonać uziemienie we własnym zakresie, wykopując dół o głębokości ok. 2 metrów i zakopując w nim duży metalowy przedmiot np. rurę. Rura musi być trwale połączona izolowanym przewodem miedzianym, o dużym przekroju. Przed zakopaniem zaleca się wlać parę wiader wody do dołu z zakopywanym przedmiotem metalowym, w celu zwiększenia przewodności ziemi [3].

Żadna instalacja odgromowa nie chroni anteny i instalacji antenowej w przypadku bezpośredniego uderzenia pioruna. Prąd o natężeniu kilku milionów amperów momentalnie rozgrzewa i topi wszelkie przedmioty, w tym metalowe, powodując przy okazji pożar.

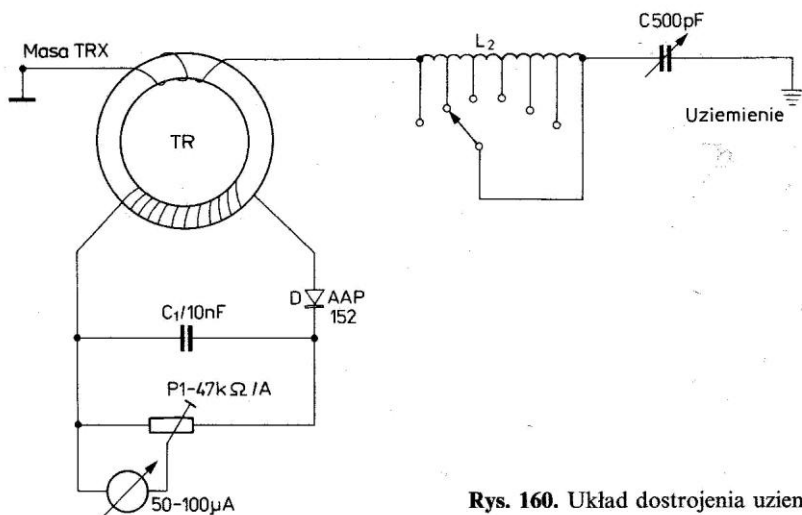
Uziemienie anten można wykonywać przez wykręcanie wtyków przewodów zasilających z radiostacji i łączenie mechaniczne z uziomem lub poprzez przełączanie dźwigni odgromnika na płycie z gniazdami antenowymi.

Uziemienie ochronne, jak wspomniano, stosuje się w celu zabezpieczenia operatora przed porażeniem prądem elektrycznym. Uziemieniem tym może być bolec zerowania w gniazdku elektrycznym lub dobry uziom stosowany w izolacji odgromowej.

Do takiego uziemienia podłącza się wszystkie obudowy urządzeń radiowych, zasilających, komputera, modemów itp. Połączenie takie powinno być wykonane „gwiazdźście” (z jednego punktu uziomu przewody powinny wychodzić do każdego urządzenia oddzielnie), a nie szeregowo, aby wyeliminować przepływ okrężny prądu. Jednym z przypadków, w których może się pojawić napięcie na obudowie urządzenia jest stosowanie zasilaczy beztransformatorowych (powielaczy napięcia sieci, itp.). W zależności od kierunku włożenia wtyczki do gniazda, na obudowie może się pojawić „faza”. W przypadku uziemienia obudowy nastąpi tylko przepalenie bezpieczników. Chcąc zaoszczędzić na bezpiecznikach i na naszym roztargnieniu, w zasilaczach beztransformatorowych można wykonać prosty układ przekaźnikowy (rys. 159), który w przypadku odwrotnego włączenia wtyczki odłącza zasilanie od urządzenia.



Rys. 159. Zabezpieczenie zasilaczy beztransformatorowych



Rys. 160. Układ dostrojenia uziemienia

Trzecim rodzajem uziemienia, ważnym ze względu na efektywność naszej anteny jest uziemienie, jako przeciwwaga do anten. Ani uziemienie odgromowe, ani zerowanie nie jest dobrym uziemieniem dla prądów w.c.z. Wytlumaczyć to można faktem, że przewód uziemiający ma dla prądów wielkiej częstotliwości nie tylko rezystancję, spowodowaną opornością materiału, z którego został wykonany lecz również oporność falową, która może być wielokrotnie większa. Oporność falowa zależy od: częstotliwości, pojemności przewodu, jego długości a nawet sposobu ułożenia. Aby zmniejszyć impedancję kabla uziemiającego należy zastosować urządzenie dopasowujące uziemienie. Jak wiadomo szeregowy obwód rezonansowy ma w rezonansie małą impedancję, jeżeli zatem włączy się w przewód uziemiający strojony rezonansowy obwód i zestroi go na daną częstotliwość, wówczas uziemienie stanie się bardziej efektywne dla prądów w.c.z. (rys. 160) [18]. Układ dopasowania uziemienia składa się z szeregowego obwodu strojonego oraz miernika natężenia prądu w.c.z. Cewka powietrzna L o średnicy wewnętrznej 37 mm została nawinięta drutem DNE 2,0 — 12 zwojów z odczepami co dwa zwoje. Kondensator zmienny o pojemności 500 pF, odizolowany został od obudowy układu. Transformator toroidalny nawinięto na pierścieniu ferrytowym RP20 × 12 × 8 z materiału F81. Uzwojenie pierwotne zawiera 2 zwoje DNE 2,0 uzwojenie wtórne 10—12 zwojów DNE 0,5. Urządzenie pomiarowe o czułości 50—100 μA. Strojenie uziemienia polega na wybraniu przełącznikiem odpowiedniego odczepu na cewce, a następnie dostrojenie kondensatorem zmiennym na maksymalne wychylenie miernika. Potencjometr 47 kΩ/A służy do ustawienia czułości miernika.

Bardziej szczegółowo z zagadnieniami montażu anten oraz uziemień może czytelnik zapoznać się w [3], [13].

7

WYBRANE FABRYCZNE ANTENY KF I UKF. DYSTRYBUTORZY KRAJOWI

W rozdziale 7 zostaną opisane wybrane anteny fabryczne KF i UKF, produkowane przez firmy zagraniczne i krajowe. Ceny anten zachodnich są cenami brutto (u dealerów zagranicznych). Przy zakupie do Polski odliczany jest podatek VAT (różny dla danego kraju), natomiast przy przekraczaniu granicy dolicza się podatek graniczny (6%), cło (15%) oraz VAT (22%) — od całości. Powoduje to podniesienie ceny o ok. 30% do cen zagranicznych dealerów, przez co na i tak już drogie anteny mogą sobie pozwolić tylko nieliczni krótkofalowcy. Podane zostaną również adresy producentów polskich oraz dystrybutorów anten na terenie kraju (dane na 1.11.1996).

7.1. ANTENY KF

Anteny produkowane za granicą, przez znane firmy anteniarskie (Cushcraft, Hy-Gain, Tonna itd.) charakteryzują się wysokim poziomem wykonawstwa, dobrymi parametrami, lecz ciągle jednak są bardzo drogie, jak na kieszeń przeciętnego krótkofalowca. Jest to jedna z przyczyn, dla których większość krótkofalowców wykonuje anteny we własnym zakresie. Obecnie, ze względu na większą dostępność materiałów konstrukcyjnych (rury, tworzywa sztuczne itd.) jest o wiele łatwiej skonstruować antenę krótko- lub ultrakrótkofalową. Pozostaje jeszcze kwestia dobrego, pewnego opisu, który szczegółowo pokazywałby jak samodzielnie można by wykonać skuteczną antenę. Temu celowi mają służyć publikacje poradnikowe podobne do niniejszego, którego przydatność ocenią czytelnicy. Powracając do meritum sprawy, w następnych podrozdziałach zaprezentowane zostaną anteny dookólne i kierunkowe KF oraz nowoczesne anteny magnetyczne.

7.1.1. Dookólna antenna wielopasmowa „Butternut HF 6V-X”

Antenę wykonano z rurek aluminiowych oraz zewnętrznych trapów, na poszczególne pasma (rys. 161). HF 6V-X [17] można wykorzystywać jako antenę stacjonarną lub z QTH wakacyjnego, np. na biwaku, gdyż jest ona łatwa w montażu (demontażu). Cała antena składa się z 32 elementów (+ śruby montażowe).

Z wyjątkiem 21 MHz całkowita długość promiennika wykorzystywana jest do pracy na poszczególnych pasmach. W pasmie 28 MHz „Butternut” stanowi $3/4 \lambda$, 14 MHz — $3/8 \lambda$, 10 MHz — $1/2 \lambda$, 7 MHz — $1/4 \lambda$, a na 3,5 MHz ok. $1/8 \lambda$. W związku z zastosowaniem trapów impedancja anteny w każdym pasmie wynosi ok. 50 Ω . Przeciwwagami anteny są linki miedziane w izolacji, o długościach $1/4 \lambda$, po dwie na każde pasmo, rozciągnięte gwiazdźście u podstawy anteny, pod kątem prostym do promiennika. Całkowita długość anteny wynosi ok. 7,5 m. Szerokopasmowość anteny wynosi (przy $WFS \leq 2$):

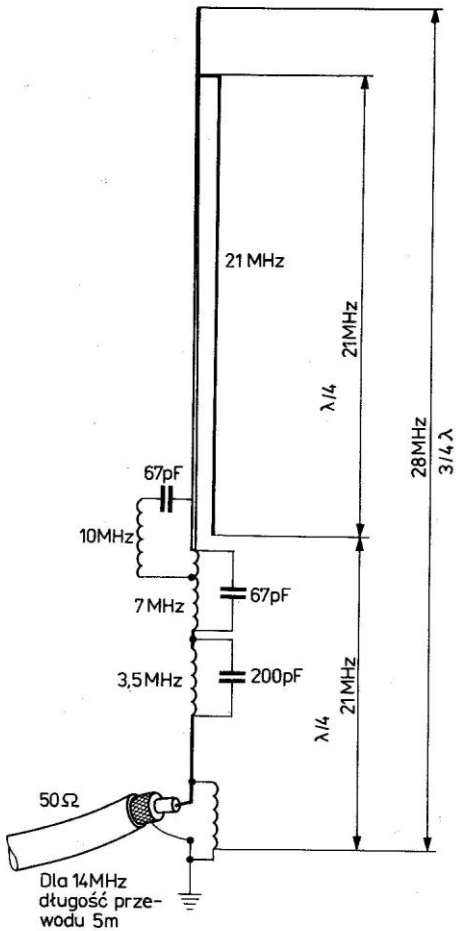
28 MHz	400 kHz
21 MHz	250 kHz
14 MHz	100 kHz
7 MHz	50 kHz
3,5 MHz	23 kHz

Cena anteny „Butternut HF 6V-X” wynosi ok. 280 USD.

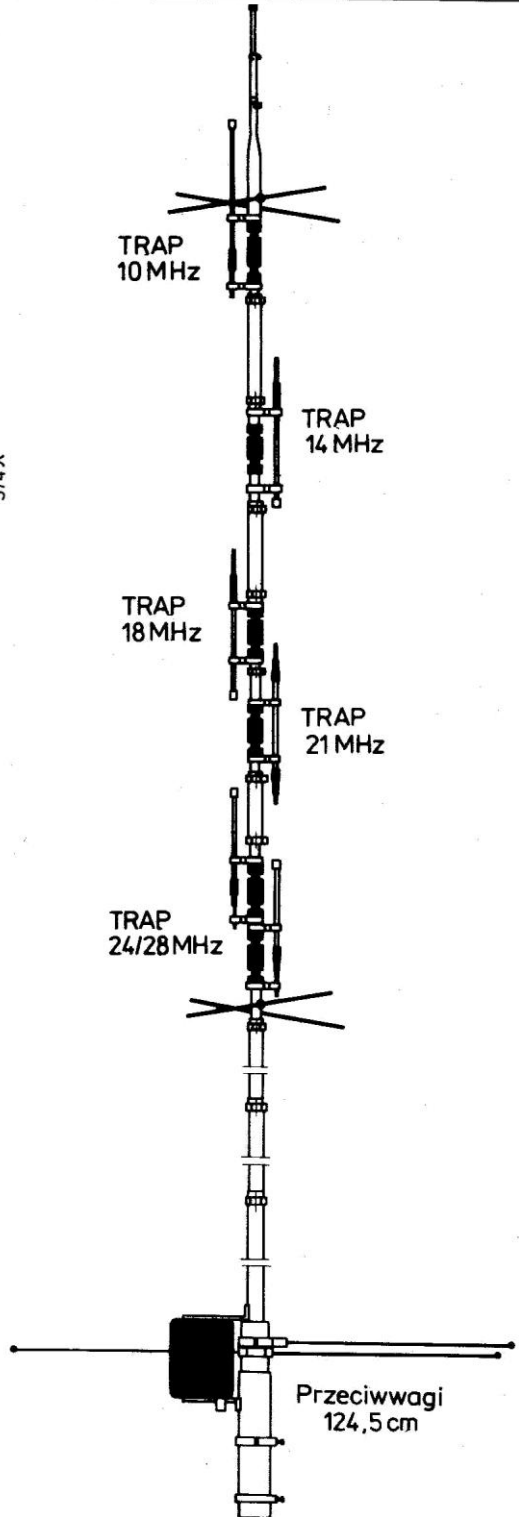
7.1.2. Dookólna antenna wielopasmowa R7 (Cushcraft)

Przedstawiona na rysunku 162 antena R7 jest nowoczesnym rozwiązaniem pionowej, dookólnej anteny wielopasmowej KF, produkowanej przez firmę Cushcraft [17]. Wykonana została z rurek z lekkich stopów aluminiowych. Sześć trapów na poszczególne pasma znajduje się na wspornikach, poza osią promiennika. Antena R7 pokrywa pasma: 28, 24, 21, 18, 14, 10 i 7 MHz. Jej długość całkowita wynosi 6,9 metra, a ciężar 5,6 kg. Moc maksymalna, którą można transmitować przez R7 wynosi 1800 W (PEP), na wszystkich pasmach.

Kąt promieniowania anteny jest niski i wynosi ok. 16 stopni, co sprawia, że R7 dobrze sprawuje się w łącznościach DX. U podstawy znajduje się balun 4:1, dopasowujący antenę do 50-omowego kabla koncentrycznego. Przeciwwagę stanowi 7 prętów stalowych, umieszczonych gwiazdźście, o długości 1,25 m każdy. Rozwiązanie takie jest bardzo wygodne, gdyż nie potrzeba rozciągać linek miedzianych, których zamocowanie na stromym dachu może



Rys. 161. Antena Butternut



Rys. 162. Antena R7

być sprawą kłopotliwą. Po rozłożeniu antena ma następujące wymiary: $130 \times 19 \times 10$ cm. Poniżej podano szerokopasmowość R7 na poszczególnych pasmach oraz WFS:

Pasma	min. WFS	Szerokość pasma przy WFS < 2 lub WFS przy maksym. szerokości pasma
7 MHz	1,0	87 kHz
10 MHz	1,3	54 kHz
14 MHz	1,0	204 kHz
18 MHz	1,3	1,6
21 MHz	1,2	2,0
24 MHz	1,13	1,4
28 MHz	1,13	1,19

Cena anteny R7 wynosi ok. 574 USD.

7.1.3. Trzelementowy beam TH 3 JRS (Hy-gain)

TH 3 JRS jest trzelementowym, trzypasmowym beamem [19]. Każdy element ma trapy, odcinające jego długość na poszczególnych pasmach. Antena została wykonana z rurek z lekkich stopów aluminiowych. Uchwyty i mocowania są ze stali kwasoodpornej.

Parametry techniczne:

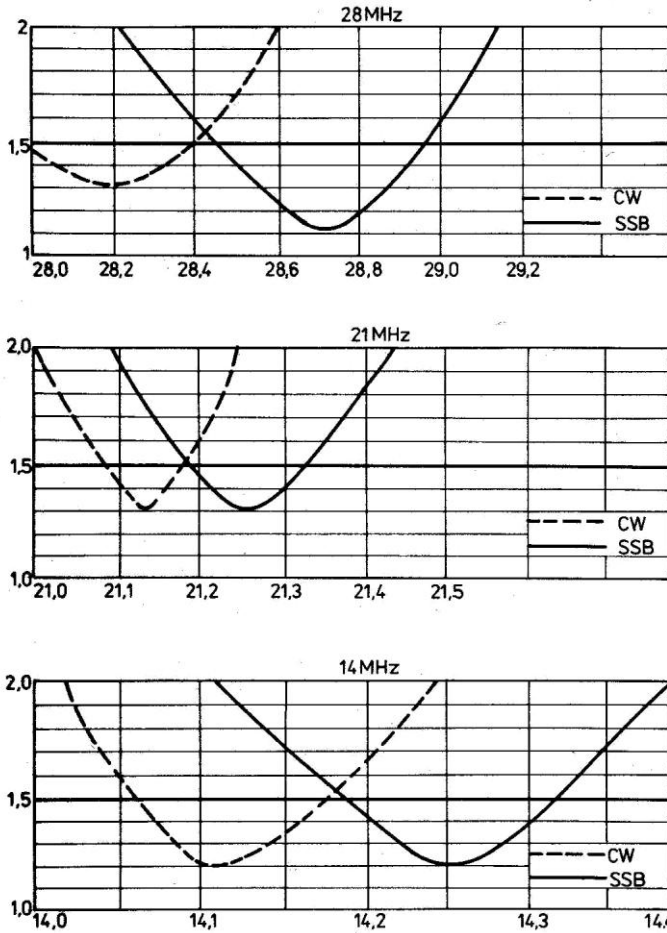
1. Pasma 10, 15, 20 m
2. Zysk energetyczny 8 dBd
3. F/B 25 dB
4. Moc maksymalna 600 (PEP) W
5. Rozpiętość 8,3 m
6. Długość nośnika 3,7 m
7. Ciężar 9,5 kg

Charakterystyki WFS w funkcji częstotliwości na poszczególnych pasmach pokazano na rysunku 163. Cena anteny TH 3 JRS wynosi 505 USD.

7.1.4. Pięcioelementowy beam TH 5 MK2 (Hy-gain)

TH 5 MK2 jest pięcioelementowym, trzypasmowym beamem [24], wykonanym z bardzo wytrzymałych rurek z lekkich stopów aluminiowych (rys. 164). Konstrukcja anteny wytrzymuje podmuchy wiatru do 140 km/h. Zasada działania elementów na poszczególnych pasmach polega na „odcinającym” działaniu trapów, które umieszczone na trzech elementach. Zjawisko to omówiono szczegółowo w rozdziale 3, przy opisywaniu anteny W3 DZZ, a następnie kierunkowych anten KF.

Pozostałe dwa elementy są jedynie czynne w pasmie 28 MHz.



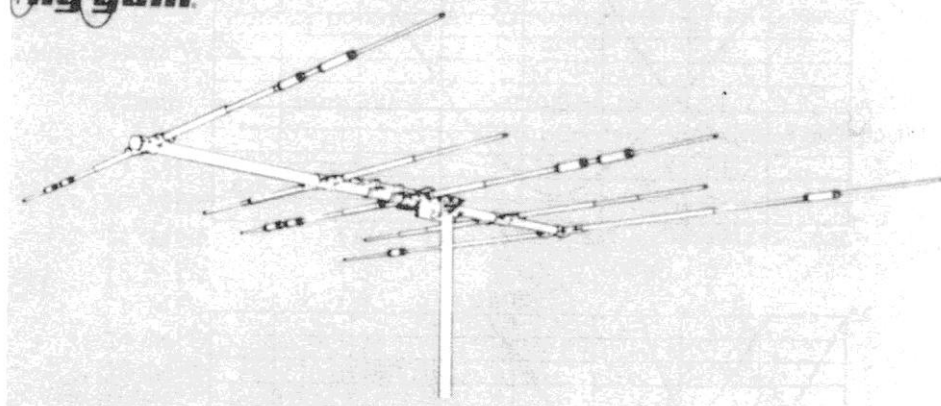
Rys. 163. Charakterystyka WFS anteny TH 3 JRS

Parametry techniczne:

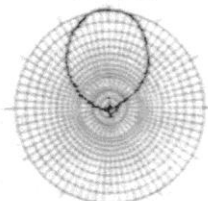
- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Pasma | 10, 15, 20 m |
| 2. Zysk energetyczny | 9 dBd |
| 3. F/B | 27 dB |
| 4. Moc maksymalna | 2000 (PEP) W |
| 5. Szerokość pasma
(przy WFS < 2) | 10 m — 1000 kHz
15 m — 330 kHz
20 m — 280 kHz |
| 6. Rozpiętość | 9,5 m |
| 7. Długość nośnika | 5,8 m |
| 8. Ciężar | 23 kg |

Cena anteny TH 5 MK2 wynosi 1025 USD.

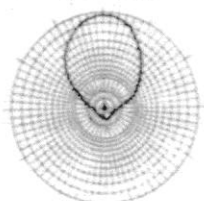
hy-gain.



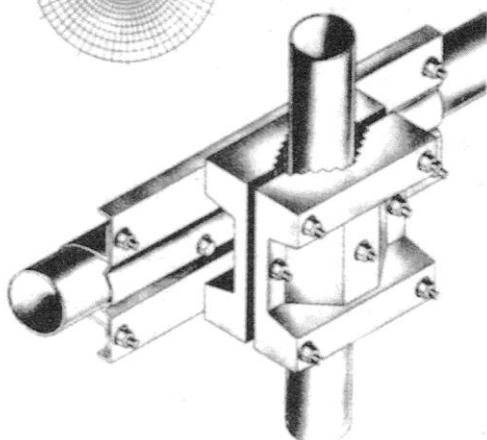
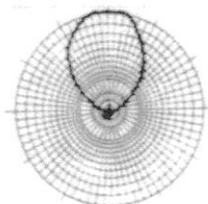
14 MHz



21MHz



28 MHz



Rys. 164. Antena TH 5 MK 2

7.1.5. Anteny magnetyczne

Na świecie istnieją trzy specjalistyczne firmy, które zajmują się produkcją anten magnetycznych (Magnetic-Loop). Są to angielskie: AA&A, AEA oraz amerykańska MFJ. Chociaż różnią się one nieznacznie szczegółami konstrukcyjnymi, zasada działania jest taka sama — równoległy, strojony obwód rezonansowy w postaci pętli spiętej kondensatorem o zmiennej pojemności. Podstawowymi zaletami anten magnetycznych są:

- małe wymiary przy porównywalnym zysku z dipolem półfalowym
- możliwość „ostrego” dostrojenia do każdej częstotliwości („wycięcie” zakłóceń — spletter)

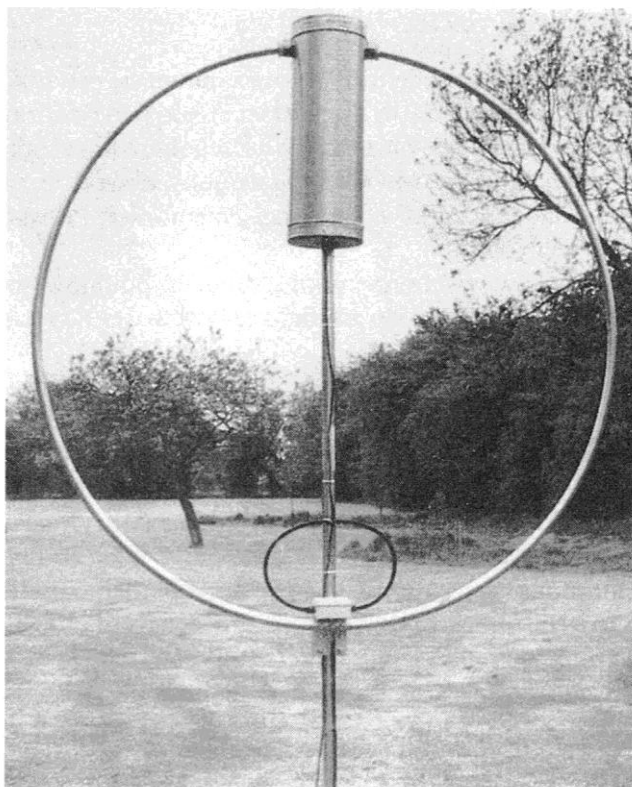
Zasadniczą wadą anten Magnetic-Loop jest ich bardzo wysoka cena.

Anteny magnetyczne AA&A są produkowane w różnych wymiarach, w zależności od zakresu pokrywanych częstotliwości [17]. Najbardziej popularnymi typami są: AMA-3, pokrywająca zakres 13, 6—30 MHz oraz AMA-5 dla niższych częstotliwości: 3,4—12,6 MHz. Jak widać pokrywają one całe pasmo krótkofalarskie w sposób płynny, i w związku z tym, że dwukrotnie różnią się średnicami, mogą być umieszczane prostopadle, jedna pętla w drugiej. Nie powoduje to wzajemnego oddziaływania, a znacznie zmniejsza ilość miejsca zajmowanego przez obie anteny. Pętle AMA-5 i AMA-3 zostały wykonane z grubościennej rury aluminiowej o średnicy 30 mm (rys. 165). Średnice obu anten to 0,87 i 1,75 m. Antena AMA-3 waży 5 kg, AMA-5 — 3 kg. Kondensator zmienny, wraz z układem sterowania zamontowano w wodoszczelnej obudowie. Pętla sprzęgająca znajduje się po drugiej stronie, na dole pętli i wykonano ją z grubego kabla koncentrycznego, zakończonego wtykiem UC-1. Skrzynka zasilająca jest prosta w obsłudze i łączy się z anteną kablem dwużyłowym. Silnik napędzający kondensator jest sterowany napięciem 6V/200 mA. Prędkość obrotową silnika można regulować potencjometrem.

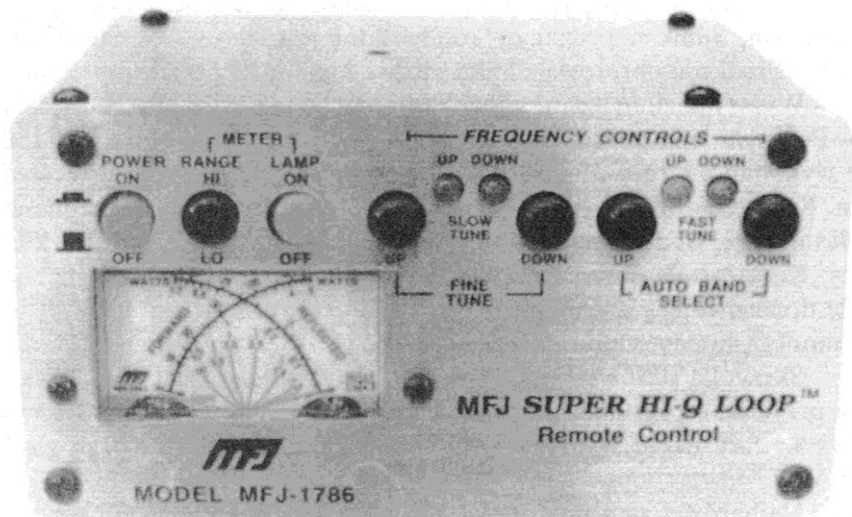
Wyższy poziom technicznego wykonania ma antena amerykańska MFJ 1786. Pokrywa ona zakres 10—30 MHz przy mocy nadajnika do 150 W. Pętłę wykonano z rury aluminiowej (25 mm), zwiniętej w okrąg o średnicy 91 cm. Kondensator strojeniowy oraz pętłę dopasowującą umieszczone w jednej plastikowej, wodoszczelnej obudowie, która przechodzi przez środek pętli anteny. Rura została przyspawana do wyprowadzeń kondensatora zmiennego, a pętłę dopasowującą wykonano z twardego drutu stalowego. Uchwyt umożliwia montaż anteny w obu polaryzacjach.

Skrzynka sterowania została wykonana bardzo estetycznie (rys. 166) i poza przyciskami zgrubnego i dokładnego dostrojenia ma dwużyłowy wskaźnik WFS. Cały układ wymaga jednak zastosowania dodatkowego zasilacza 9—15 V.

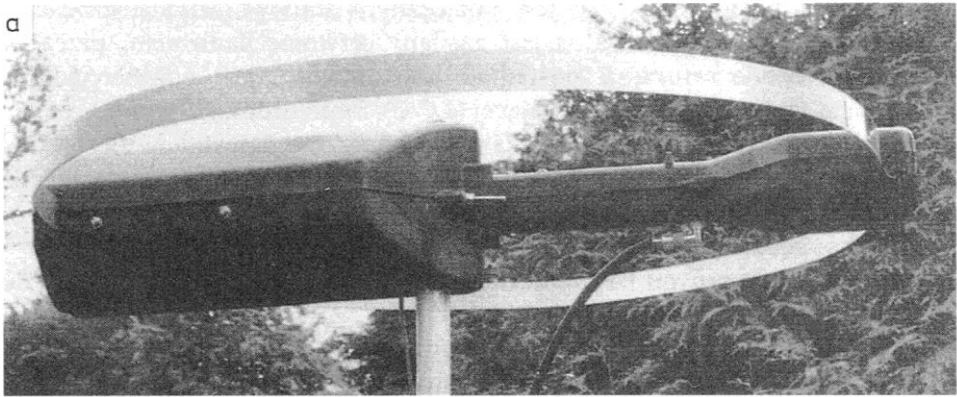
Najbardziej zautomatyzowanym układem, pozwalającym również na dostrojenie anteny, bez włączania nadajnika, jest system: antena AEA IsoLoop wraz ze skrzynką sterującą LC-2 lub kontrolerem IT-1 (rys. 167). Zakres



Rys. 165. Antena magnetyczna AMA-5



Rys. 166. Skrzynka sterownicza MFJ 1786



Rys. 167. Antena ISOLOOP (a) z kontrolerem IT-1 (b)

częstotliwości — $10 \div 30$ MHz, moc maksymalna — 150 W. Pętlę wykonano z płaskownika duraluminiowego, pokrytego galwanicznie irydem, o szerokości 38 mm i grubości 1,5 mm, zwiniętego w okrąg o średnicy 89 cm. Kondensator zmienny oraz pętla sprzęgająca zostały umieszczone w plastikowej, wodoszczelnej obudowie w kształcie „wiosła”. Ciężar anteny wynosi 6,3 kg. W celu wyeliminowania połączeń ślizgowych w kondensatorze zmiennym, końce pętli przyspawane do statorów dwusekcyjnego kondensatora. Wspólny

rotor obu kondensatorów nie jest połączony i stanowi jedynie sprzężenie między statorami. Kondensator jest zasilany serwomechanizmem, przez co pojemność kondensatora, a pośrednio częstotliwość, jest odzwierciedlona położeniem tarczy w skrzynce sterującej (LC-2). Standardowym wyposażeniem anteny jest skrzynka sterująca LC-2, połączona z mechanizmami sterowania w antenie kablem czterożyłowym. Skrzynka jest zasilana z zewnętrznego zasilacza 12 V i zawiera następujące funkcje:

- zmiana częstotliwości góra—dół (dwa przyciski),
- tarcza z naniesionymi pasmami (kął obrotu tarczy jest proporcjonalny do kąta obrotu rotora kondensatora w antenie).

Strojenie dokładne anteny można przeprowadzić dwojako: na minimum WFS (przy włączonym nadajniku na daną częstotliwość) lub na maksimum szumu podczas odbioru. Druga metoda jest pewnym nowatorskim rozwiązaniem, gdyż pozwala nasłuchowcom wykorzystywać anteny magnetyczne. Sygnał m.cz. z głośnika jest podawany do wejścia LC-2, gdzie ulega przetworzeniu, a jego natężenie ukazuje się na linijce diod świecących. Ostre strojenie się anten magnetycznych, przy ich dojściu do rezonansu, powoduje gwałtowny wzrost siły szumu, jakiego nie spowodują żadne zakłócenia.

Bardziej wyspecjalizowaną skrzynką strojeniową jest mikroprocesorowy kontroler IT-1 (rys. 167). Umożliwia on ręczne lub automatyczne dostrojenie na maksimum szumu przy odbiorze lub minimum WFS przy nadawaniu. Numeryczna klawiatura pozwala na wprowadzenie pasma do strojenia zgrubnego (odczyt na wskaźniku LED) lub automatycznego dostrojenia się anteny do jednej z ośmiu, uprzednio zaprogramowanych częstotliwości. Wskaźnikiem dostrojenia dokładnego jest linijka diodowa.

Kontroler IT-1 może być również sterowany z komputera klasy IBM-PC, poprzez modem PK 232 (9600 Bd). Dyskietka z oprogramowaniem w komplecie. Sygnał w.cz. z nadajnika (fala padająca i odbita) do anteny IT-1 uzyskuje się za pomocą sprzęgu włączonego w linię zasilającą antenę.

Sygnał m.cz. do strojenia przy odbiorze jest podawany z odbiornika (wyjście słuchawkowe).

Ceny anten magnetycznych:

AMA-3	— 390 USD
AMA-5	— 465 USD
MFJ 1786	— 510 USD
AEA ISOLOOP	— 527 USD
IT-1	— 420 USD

7.2. ANTENY UKF

W rozdziale zostaną przedstawione anteny dookólne oraz kierunkowe na pasmo 2-metrowe i 70 cm.

7.2.1. Stacjonarna antena UKF 3282 (Radmor)

Jest to antena o dookólnej charakterystyce promieniowania, pracująca w 6-megahercowych podzakresach w pasmie 145—174 MHz [23]. W kręgach krótkofalarskich znana jako tzw. „pałka radmorska”. Promiennik składa się z drutu umieszczonego wewnątrz hermetycznej tyczki z włókna szklanego. Hermetyczna budowa oraz dość toporne wykonanie (5 kg) wskazują na trwałość anteny, co jest jej niewątpliwą zaletą. Podstawowymi wadami 3282 są:

- niemożność złożenia anteny np. do transportu, co w przypadku długości 5,2 metra staje się pewnym problemem,
- niewielki zysk (przy długości 5,2 m!),
- duży ciężar (5 kg),
- relatywnie wysoka cena.

Podsumowując antena 3282 jest anteną przestarzałą.

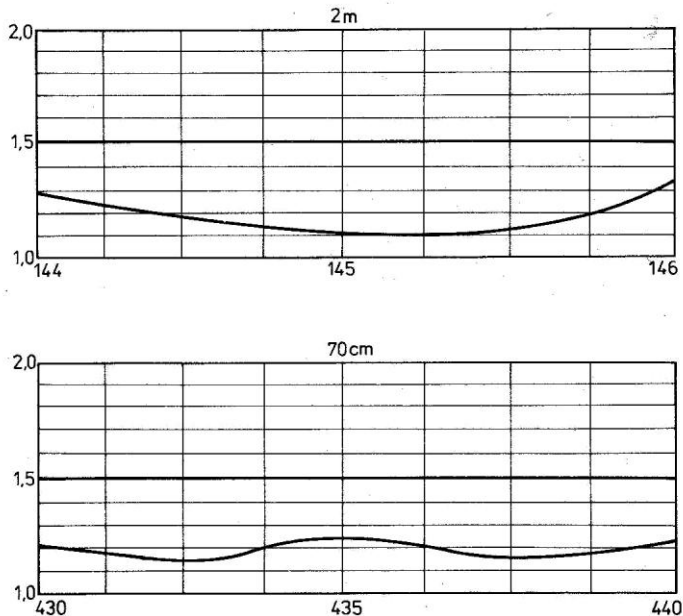
Parametry techniczne:

1. Zakres częstotliwości	145—174 MHz
2. Zysk energetyczny	4—4,5 dB *
3. Impedancja	50 Ω
4. WFS (w zakresie 6 MHz)	< 1 : 1,6
5. Moc maksymalna	200 W
6. Długość	5,2 m
7. Ciężar	5 kg
8. Wytrzymałość na wiatr	45 m/s
9. Typ złącza	UC-1

* — producent nie podaje czego dotyczy zysk anteny (czy dBd, czy dDi). Cena anteny (z VAT-em) — 610 zł (1.11.1996).

7.2.2. Dwupasmowa antena kolinearna GP-9N (Comet)

Antena GP-9N jest stacjonarną, dwupasmową anteną kolinearną (2m/70 cm). Promiennikiem jest drut mosiężny, wraz z przesuwnikami fazowymi na każde pasmo, umieszczony wewnątrz trzyczęściowej tyczki z włókna szklanego [21]. Rozwiązanie takie ma dwie podstawowe zalety: dużą wytrzymałość mechaniczną przy silnych podmuchach wiatru oraz hermetyczność metalowego promiennika. Wadą jest jednak niewielka średnica drutu promiennika. Zagadnienie to dokładniej omówione w 4.2.3.1. U podstawy anteny znajdują się trzy przeciwwagi, co 120°, oraz gniazdo typu N, zabezpieczone przed opadami rurą stalową, która stanowi jednocześnie końcówkę do zamocowania anteny do masztu.



Rys. 168. Charakterystyka WFS anteny GP9N

Parametry techniczne:

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Zakres częstotliwości | 144—146, 430—440 MHz |
| 2. Zysk energetyczny | 2 m—8,5 dBd, 70 cm—11,9 dBd |
| 3. Impedancja | 50 Ω |
| 4. Długość | 5,15 m |
| 5. Moc maksymalna | 200 W |
| 6. Ciężar | 2,2 kg |

Charakterystykę WFS anteny w funkcji częstotliwości w obu pasmach przedstawiono na rysunku 168. Cena GP-9N — ok. 500 zł.

7.2.3. 16-elementowa antena Yagi AY-16/2 (PPHU „JACK”)

Przedstawiona na rysunku 113 antena AY-16/2 jest wyczynową anteną UKF-2 m, wzorowaną na konstrukcji F9FT. Może pracować w obu polaryzacjach i nie wymaga podwieszania, ze względu na zastosowanie nad nośnikiem podpórki wzmacniającej. Antenę wykonano z lekkich, wytrzymałych stopów aluminiowych. Elementy odizolowano od nośnika za pomocą uchwytów PP.

Parametry techniczne:

- | | |
|--------------------------|------------|
| 1. Zakres częstotliwości | 44—146 MHz |
| 2. Zysk energetyczny | 15 dBd |

3. Kąt promieniowania		
	H	32°
	V	42°
4. Tłumienie tył-przód (F/B)		22 dB
5. Impedancja		50 Ω
6. WFS		<1:1,1
7. Długość		6,5 m
8. Ciężar		ok. 5 kg
Cena anteny 200 zł.		

7.3. PRODUCENCI ANTEN W KRAJU

Z przykrością należy stwierdzić, że nie ma w Polsce wielu producentów anten. Przyczyną może być fakt bardzo ograniczonego rynku na anteny krótkofalarskie. Firmy produkujące anteny dla służb profesjonalnych wykonują przy okazji, anteny na pasma amatorskie. Zostaną podane 4 firmy, znane na rynku, ogłaszające się w periodykach krótkofalarskich. Zdaniem autora istnieje w kraju parę firm rzemieślniczych, produkujących anteny KF i UKF. Jest to jednak zjawisko regionalne, mające znamiona raczej pomocy koleżeńskiej, niż działalności produkcyjnej.

7.3.1. Zakłady radiowe „RADMOR”

Poza sprzętem radiowym, głównie dla służb profesjonalnych, RADMOR produkuje również anteny portable, mobile oraz stacjonarne (dookólne oraz kierunkowe) w zakresie 145—174 MHz (rys. 169, 170).

Adres: *81-212 Gdynia, ul. Hutnicza 3, tel. 23-23-71, tlx 054384*

Anteny Z. R. RADMOR, produkowane od wielu lat mają nieco przestarzałą konstrukcję, do obecnie sprzedawanych anten zagranicznych (COMET, HY-GAIN, CUSHCRAFT) czy krajowych (PPHU „JACK”) niejednokrotnie, nieadekwatną do proponowanych cen.

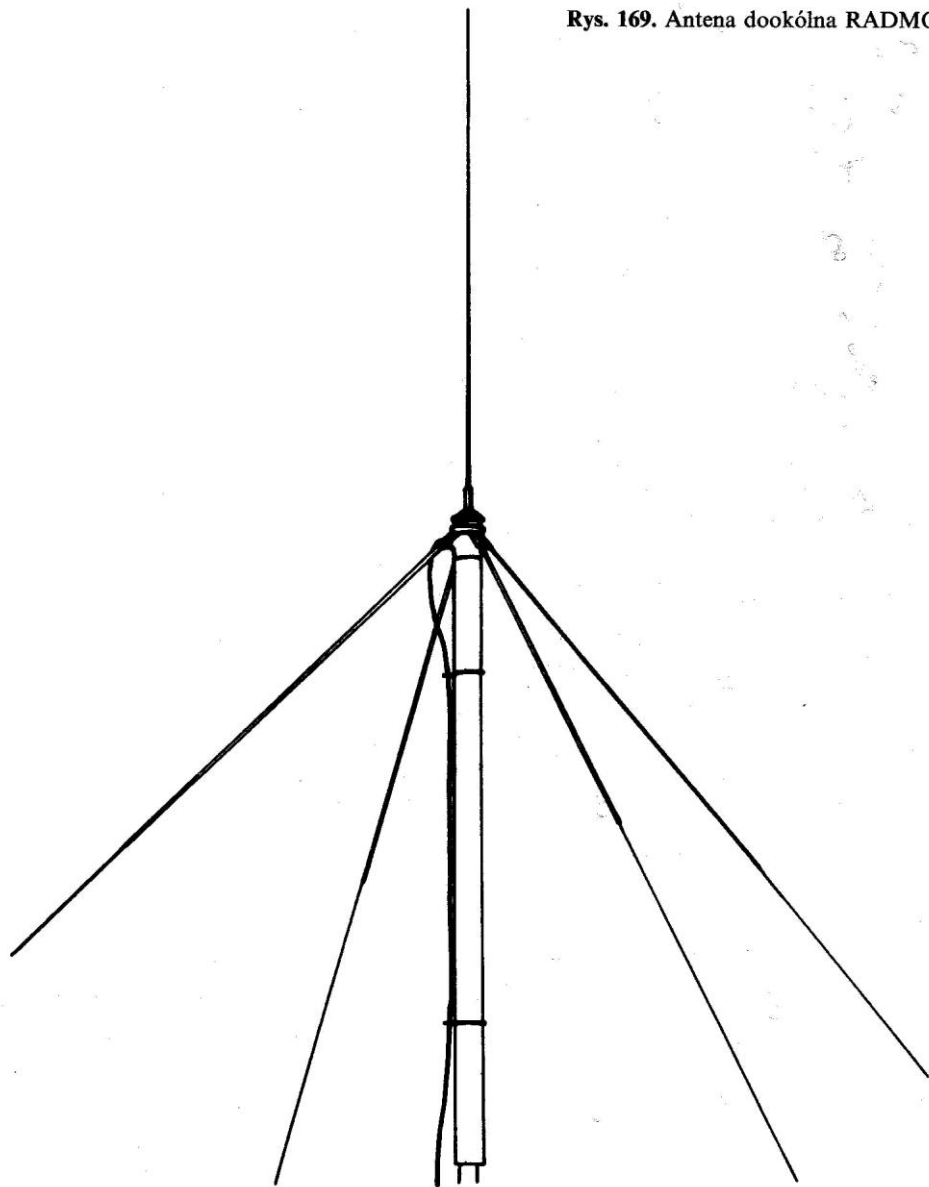
7.3.2. Zakłady zespołów elektronicznych „UNICON”

ZZE „UNICON” poza produkcją wszelkiego rodzaju złączy (rozd. 5) wykonuje również anteny mobile na różne zakresy częstotliwości, od pasma CB do zakresów częstotliwości telefonii komórkowej.

Adres: *78-200 Białogard, ul. Świdwińska 21, tel. (094-12) 2431, tlx 0532463, fax (094-12) 4336*

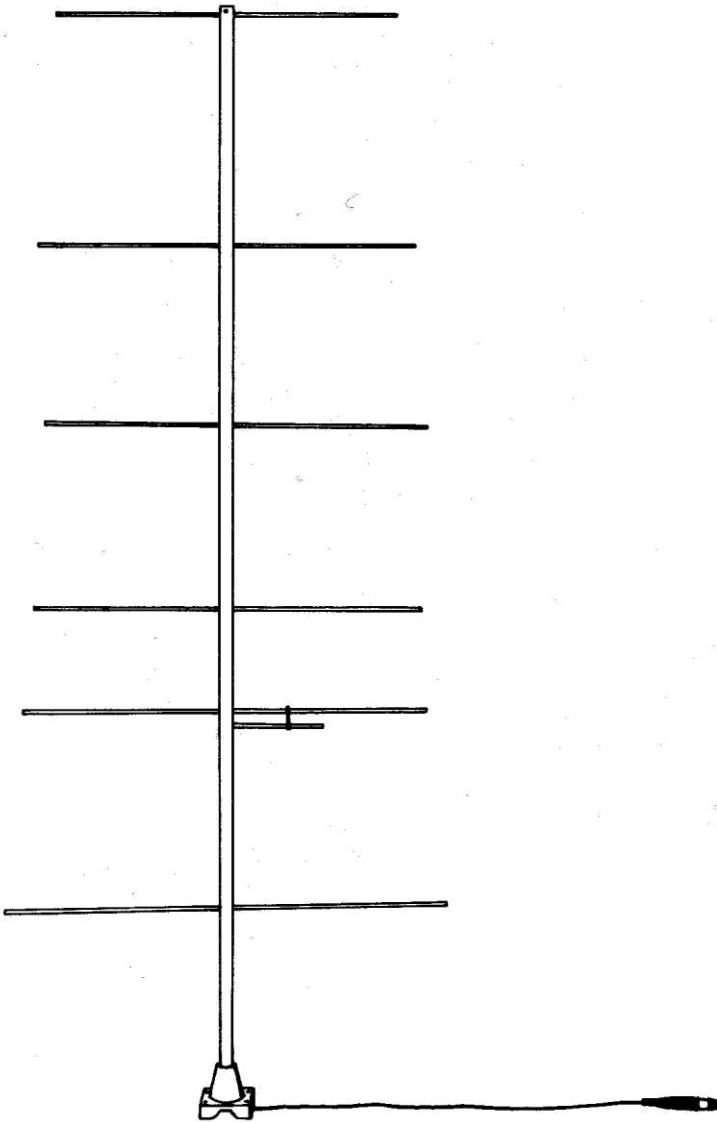
„UNICON” stosuje ciekawe formy sprzedaży, w tym sprzedaż wysyłkową za zaliczeniem pocztowym.

Rys. 169. Antena dookólna RADMOR



7.3.3. PPHU „JACK”

Jest to firma z dosyć szeroką ofertą antenową dla służb profesjonalnych i krótkofalowców na pasma UKF (50 MHz, 144-174 MHz, 300-350 MHz, 410—480 MHz). W skład oferty wchodzi wszystkie typy anten: od portable,



Rys. 170. Antena kierunkowa RADMOR

poprzez mobile do stacjonarnych dookólnych i kierunkowych. Konstrukcje anten są nowoczesne, odpowiadają światowym standartom anten UKF.

Adres: 87-200 Wąbrzeźno, ul. Akacjowa 2, tel./fax (056) 88 12 34

Wygodną formą sprzedaży, poza sprzedażą bezpośrednią, jest wysyłka anten koleją (powyżej 1,5 metra długości) lub przesyłką pocztową za zaliczeniem.

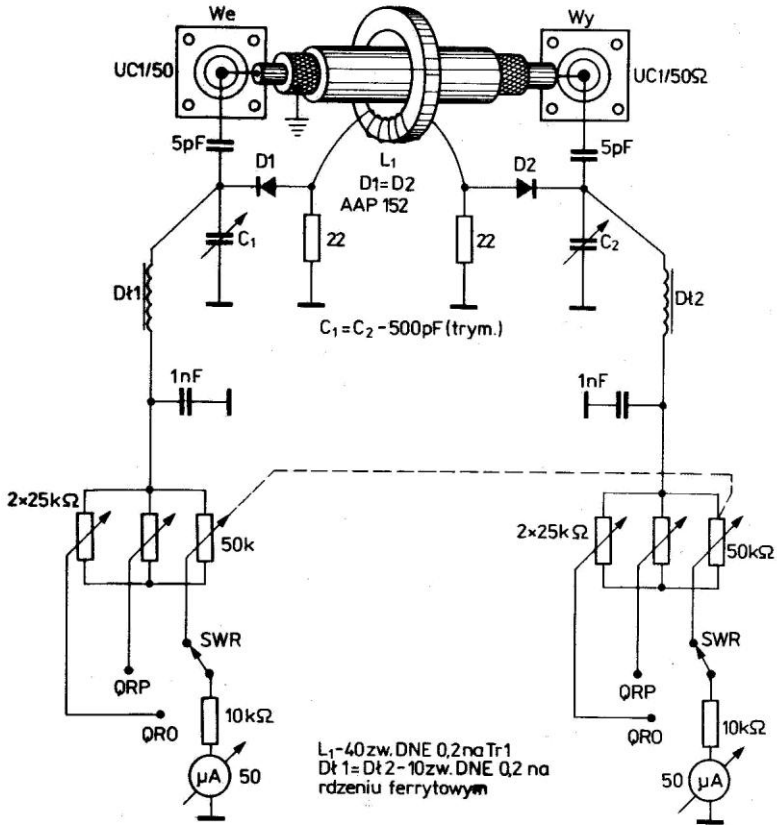
W ostatnim rozdziale niniejszego poradnika opisano podstawowe pomiary antenowe oraz prosty sprzęt pomiarowy. W rozdziale 1 podano podstawowe parametry anten, takie jak: WFS, impedancja, zysk, itp. W związku z tym, ograniczono się do opisu konkretnych urządzeń pomiarowych.

8.1. REFLEKTOMETRY

Reflektometr służy do określenia dokładności dopasowania nadajnika do linii zasilający i anteny. Zmierzona wartość względna nosi nazwę współczynnika fali odbitej (WFS lub SWR-ang.). WFS waha się od 1 do ∞ . Jeżeli występuje niedopasowanie anteny do linii, stosunki napięć i prądów w obciążeniu oraz w linii różnią się od siebie. Moc przesyłana przez linię nie jest całkowicie wytracona w obciążeniu i pewna jej część zostaje odbita w kierunku od anteny do nadajnika [16]. Obie fale padająca F i odbita R tworzą razem falę stojącą w linii.

Na rysunku 172 przedstawiono reflektometr z watomierzem dla zakresu KF. Elementem czynnym urządzenia jest odcinek przewodu koncentrycznego z nałożonym pierścieniem ferrytowym, na który nawinięto uzwojenie wtórne [14]. Prąd w. cz. przepływający do anteny (padająca) i powracający (odbity), przez reflektometr indukuje w uzwojeniu wtórnym napięcie, które ulega detekcji (diody $D1$ i $D2$) oraz filtrowaniu (C_3 , C_4 , $DL1$, $DL2$). Wychylenie obu wskazówek mierników jest proporcjonalne do zaindukowanego napięcia fali padającej i odbitej. Potencjometry służą do wyskalowania miernika przy pomiarze mocy.

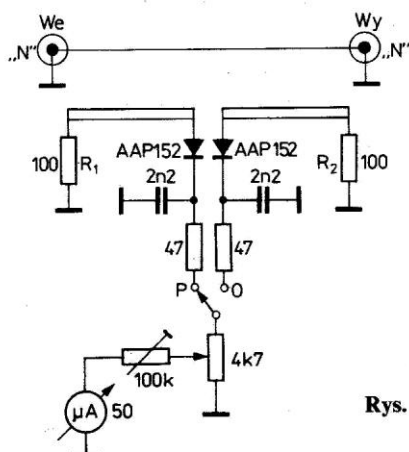
Na rysunku 173 przedstawiono schemat elektryczny reflektometru przeznaczonego dla zakresu UKF (144 MHz, 430 MHz) [7]. Rolę układu czynnego pełni tuleja mosiężna, posrebrzona, o średnicy 15/12 mm i długości 93 mm, łącząca gniazdo wejściowe z wyjściowym. Elementami sprzęgającymi



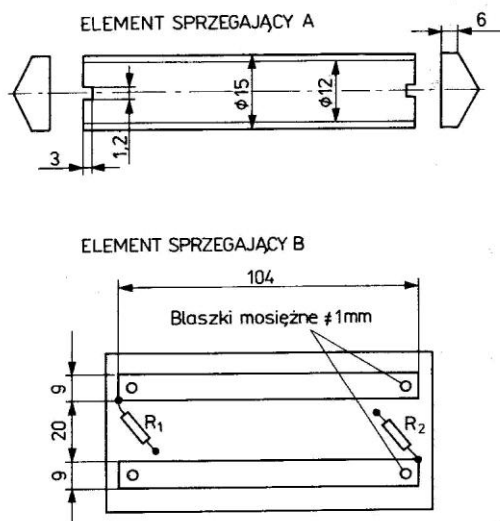
Rys. 172. Reflektometr KF z watomierzem

PRZELICZNIK SKALI NA MOC I SWR

Działki	QRO [W]	QRP [W]	SWR
14	200	20	2,5
20	400	40	3,2
25	600	60	
30	800	80	
35	1000	100	
38	1200	120	
41	1400	140	
44	1600	160	
47	1800	180	
50	2000	200	



Rys. 173. Reflektometr UKF

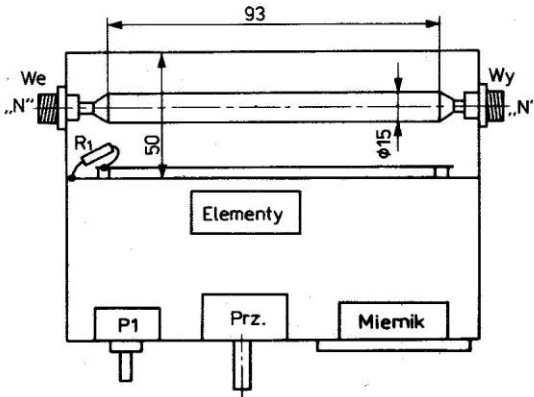


Rys. 174. Elementy sprzęgające reflektometru

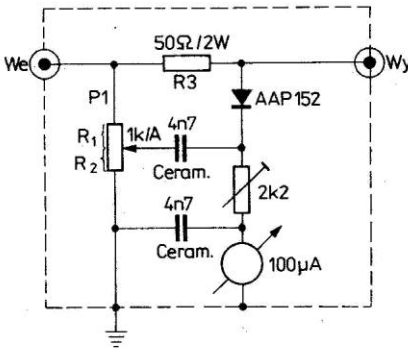
są dwa paski blachy mosiężnej, srebrzonej o grubości 1,2 mm (rys. 174). Sposób zamocowania wszystkich elementów oraz wymiary podano na rysunku 175. Wszystkie elementy należy wykonać precyzyjnie zgodnie z podanymi wymiarami, gdyż ma to wpływ na dokładność późniejszych pomiarów.

8.2. MIERNIK IMPEDANCJI ANTENY

Pomiar WFS nie określa jednoznacznie oporności obciążenia (anteny). W przypadku WFS większego od 1 nie jesteśmy w stanie określić, czy impedancja anteny jest większa, czy mniejsza od 50Ω , a przez to przedsięwziąć odpowiednie kroki przy strojeniu anteny.



Rys. 175. Sposób rozmieszczenia elementów w reflektrometrze

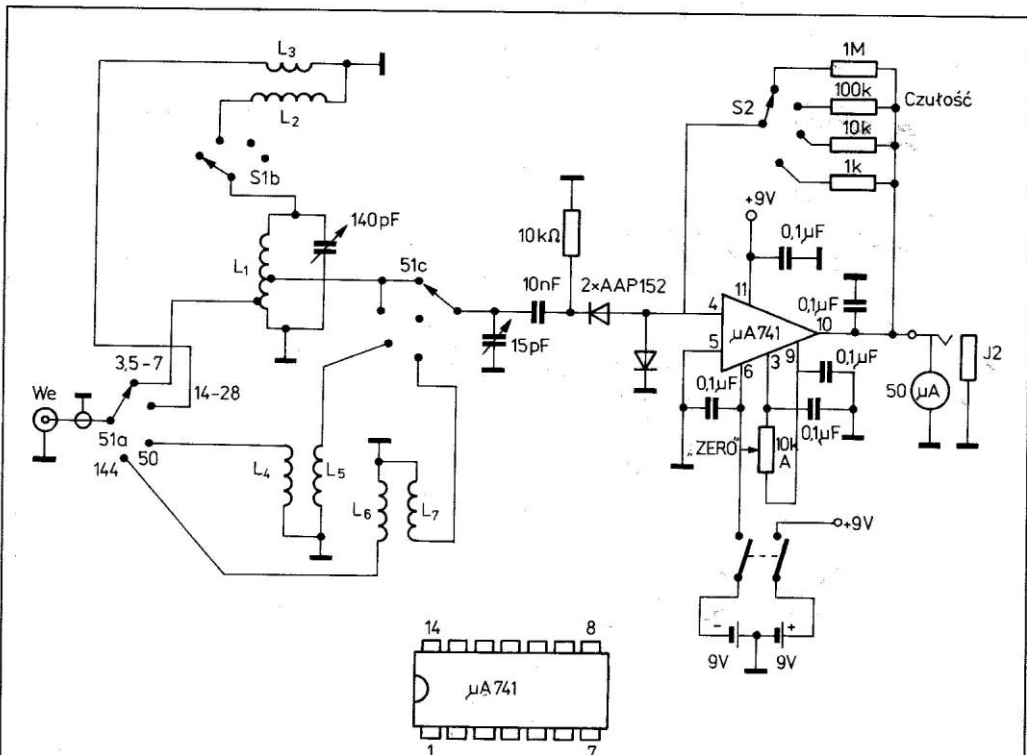


Rys. 176. Miernik impedencji

Do pomiaru impedencji w zakresie w.cz. można zastosować typowy układ mostka Wheatstone'a [16]. Mierzony obiekt (antena, linia) stanowi jedną z gałęzi mostka (rys. 176), który zostanie zrównoważony, gdy $R_1 : R_2 = R_x : R_3$ (R_x — oporność obciążenia). Mostek można zasilac bezpośrednio z radiotelefonu lub generatora w.cz. Wszystkie oporniki o mocy 2 W (beziindukcyjne). Całe urządzenie powinno być zmontowane w metalowym pudełku. Skalowanie przeprowadza się po doprowadzeniu napięcia w.cz. do wejścia mostka i dołączaniu do wyjścia oporników beziindukcyjnych od 10 do 300 Ω . Kręćąc potencjometrem $P1$ należy wskazówkę miernika 100 μA doprowadzić do minimum, zaznaczając jednocześnie na skali potencjometru wartości oporności. Wyniki pomiarów wykonane mostkiem są słuszne jedynie dla impedencji wejściowych o charakterze czynnym, a więc dla anten dostrojonych do rezonansu oraz linii zasilających zamkniętych na końcu rezystancją równą impedancji falowej.

8.3. MIERNIK NATĘŻENIA POLA W.CZ.

Miernik natężenia pola jest przyrządem pomiarowym, dzięki któremu można zmierzyć z dość dobrą dokładnością charakterystykę kierunkową anten, zysk energetyczny oraz tłumienie tył-przód.

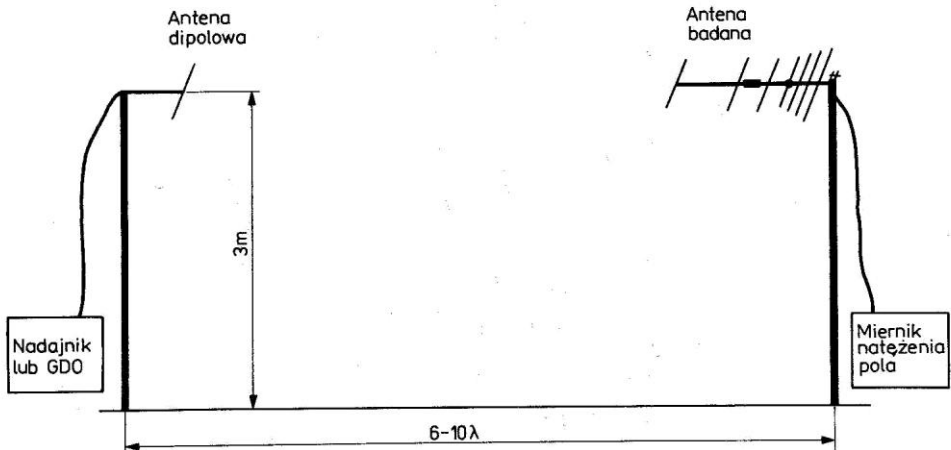


Rys. 177. Miernik natężenia pola

L_1 — 34 zw. DNE 0,5 na rdzeniu F81 (toroidalnym), odczep na 4 zw. od masy; L_2 12 zw. DNE 0,5, rdzeń j.w.; L_3 — 2 zw. DNE 0,5 nawinięty na L_2 , od strony masy; L_4 — 1 zw. DNE 0,4 nawinięty na L_5 , od strony masy; L_5 — 12 zw. DNE 0,4 na rdzeniu U31 (toroidalny); L_6 — 1 zwój DNE 0,4 na L_7 , od masy; L_7 — 1 zwój DNE 1,0 na rdzeniu U31

Na rysunku 177 przedstawiono przenośny miernik natężenia pola, ze wzmacniaczem operacyjnym, zasilanym dwoma bateriami 9 V [13]. Miernik ma przełączane cewki na zakres KF oraz UKF pasmo 144—146 MHz. Napięcie zaindukowane w antenie napięcie, podłączonej do miernika w.cz. dostraja się kondensatorem C_2 . Diody $D1$ i $D2$ powodują detekcję sygnału, a wzmacniacz operacyjny $\mu A 741$, o regulowanym wzmacnieniu, wzmacnia sygnał do mikroamperomierza. Miernik może znajdować się bezpośrednio w obudowie lub być wyprowadzony na zewnątrz za pomocą wtyku JACK. Ma to znaczenie w przypadku wykonywania pomiarów bez pomocy drugiej osoby.

W celu przeprowadzenia pomiaru kierunkowości lub zysku energetycznego anteny UKF, wybiera się dwa miejsca w otwartej, płaskiej przestrzeni, odległe od siebie o 6—10 długości badanej anteny i mocuje się obie anteny (badaną i wzorcową — dipol półfalowy) w tej samej polaryzacji i na tej samej wysokości [16], co najmniej 3 metry nad ziemią (rys. 178). Do anteny badanej podłącza się miernik natężenia pola i długim przewodem doprowadza się sam mikroamperomierz do drugiego punktu pomiarowego z anteną dipolową, sprzężoną ze źródłem sygnału w.cz. (np. radiotelefon).



Rys. 178. Stanowisko pomiarowe anten UKF

Wyznaczenie zysku energetycznego anteny badanej:

1. Włączyć źródło sygnału, o częstotliwości rezonansowej badanej anteny.
2. Odczytać wskazanie miernika.
3. W miejsce anteny badanej zamontować antenę dipolową.
4. Powtórzyć operację 1 i 2.

W celu obliczenia zysku energetycznego anteny w stosunku do dipola należy wartości obu wielkości zmierzonych na mierniku podstawić do wzoru:

$$G[\text{dBd}] = 20 \log (U_b/U_d)$$

gdzie:

U_b — napięcie wskazane przy pomiarze anteny badanej (liczba działek),

U_d — napięcie wskazane przy pomiarze anteny dipolowej (liczba działek).

W przypadku wielokrotnego powtarzania pomiarów różnych anten, w tych samych warunkach, można wyskalować miernik w dB.

Wyznaczanie tłumienia tył-przód anten kierunkowych

1. Włączyć źródło sygnału, o częstotliwości rezonansowej badanej anteny.
2. Odczytać wskazanie miernika.
3. Obrócić antenę badaną o 180° i powtórzyć operację 1 i 2.

W celu obliczenia F/B obie odczytane wartości podstawić do wzoru:

$$F/B[\text{dB}] = 20 \log (U_f/U_b)$$

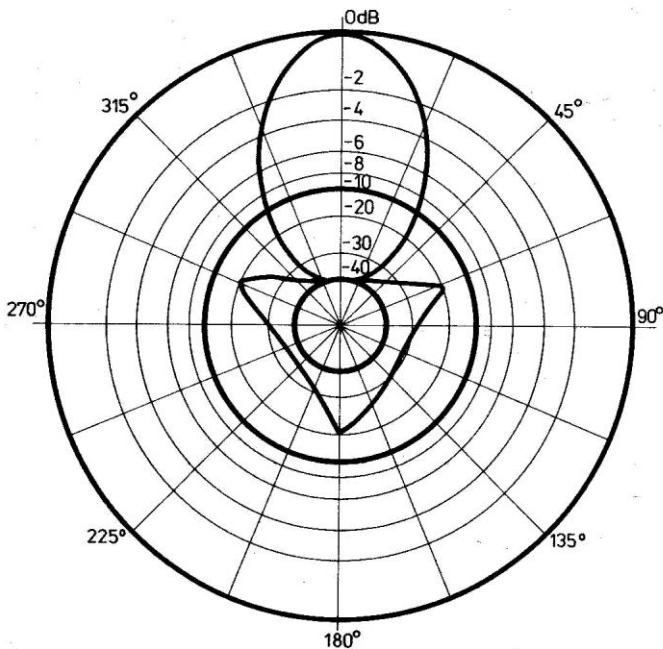
gdzie:

U_f — napięcie wskazane przy pomiarze anteny badanej, przodem (liczba działek),

U_b — napięcie wskazane przy pomiarze anteny badanej, tyłem (liczba działek).

Wyznaczenie charakterystyki kierunkowości anteny

1. Antena badana musi być umieszczona na obrotnicy, przodem do anteny pomiarowej.



Rys. 179. Wyznaczenie charakterystyki anteny kierunkowej

2. Włączyć źródło sygnału, o częstotliwości rezonansowej badanej anteny.
 3. Odczytać wskazanie miernika.
 4. Obrócić antenę o ok. 3—5° odczytać wskazania miernika i zanotować.
 5. Powtarzać operację 4, aż do uzyskania pełnego obrotu anteny.
- Należy przeliczyć wskazania we wszystkich punktach na skalę decybelową, podstawiając wyznaczone wartości do wzoru::

$$G[\text{dB}] = 20 \log (U_f / U_{f_{\text{max}}})$$

gdzie:

- U_f — napięcie wskazane przy pomiarze anteny badanej, przy różnych kątach obrotu (liczba działek),
- U_{max} — napięcie wskazane przy pomiarze anteny badanej, przodem (liczba działek).

Przeliczone wartości należy nanieść na wykres kołowy (rys. 179). Otrzyma się wówczas charakterystykę promieniowania anteny w płaszczyźnie poziomej.

8.4. ANALIZATOR ANTENOWY MFJ 259

Dotychczas opisane przyrządy można wykonać we własnym zakresie. Analizator antenowy MFJ 259 jest profesjonalnym urządzeniem pomiarowym produkcji amerykańskiej.

Przyrząd posiada generator sygnałowy w zakresie 1,8—170 MHz (w sześciu podzakresach), z ciekłokrystalicznym, ośmiocyfrowym odczytem. Może być zasilany zasilaczem 12 V lub ośmioma bateriami R6. Zaopatrzony jest w dwa mierniki: WFS i impedencji, przełącznik zakresów, gałkę strojenia dokładnego, przełącznik do częstościomierza oraz czasu bramkowania.

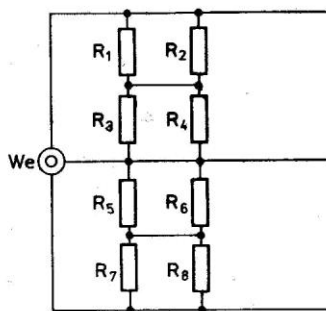
Analizatorem MFJ 259 można mierzyć;

- parametry anten: WFS, częstotliwość rezonansową, szerokość pasma, efektywność,
- skrzynki antenowe: WFS, częstotliwość,
- koncentryczne linie zasilające: WFS, straty, rezonans,
- symetryczne linie zasilające: impedancję, rezonans,
- urządzenia strojeniowe i dopasowujące,
- trapy: częstotliwość rezonansową,
- obwody rezonansowe, kondensatory, cewki i dławiki,
- częstotliwość zewnętrznych urządzeń (radiotelefonów, generatorów, itp.).

Analizator jest zatem niewielkim laboratorium, które pozwala zestroić antenę lub cały system antenowy. Cena analizatora jest jednak porównywalna z ceną dobrej klasy zachodniego radiotelefonu przenośnego.

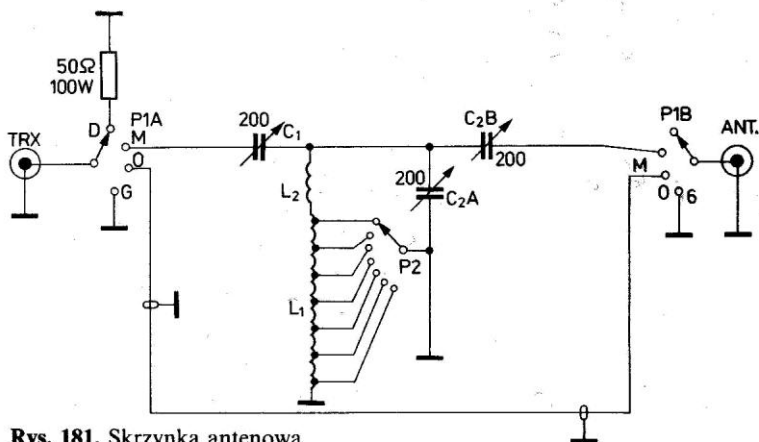
8.5. SZTUCZNE OBCIĄŻENIE

Do pomiaru urządzeń nadawczych, skrzynek antenowych, linii zasilających czy skalowania przyrządów, niezbędne jest posiadanie sztucznego obciążenia 50Ω . Najprościej można je wykonać z bezindukcyjnych oporników o wartości zależnej od sposobu ich połączenia [13]. Całkowita moc obciążenia jest sumą mocy



Rys. 180. Sztuczne obciążenie 50Ω
 $R_1 - R_8 = 100 \Omega/2 \text{ W}$

poszczególnych oporników. Na rysunku 180 pokazano przykład połączenia 8 stuomowych oporników, o mocy 2 W każdy. Całkowita moc obciążenia 15 W. Przy zestawieniu oporników należy pamiętać o ich dobrym połączeniu mechanicznym, gdyż podczas dłuższego strojenia oporniki nagrzewają się i cyna łącząca może się wytopić, powodując ich rozłączenie.



Rys. 181. Skrzynka antenowa

L_1 — 36 zwojów ($24 \mu\text{H}$) drut srebrzony 1 mm na średnicy 40 mm (karkas ceramiczny) odczepy co 4 zwoje, długość 100 mm; L_2 — 3 zwoje drut srebrzony 3 mm na średnicy 25 mm, długość nawinięcia 38 mm; C_2 — Dwusekcyjny kondensator o zwiększonych odstępach; P_2 — przełącznik 10-pozycyjny, ceramiczny

8.6. SKRZYŃKA ANTENOWA KF

Skrzynka antenowa, popularnie zwana trans-match (ang.) jest bardzo użytecznym przyrządem, pozwalającym dopasować do nadajnika praktycznie każdą antenę. Składa się ona ze strojonych obwodów rezonansowych, przełącznych na każde pasmo lub strojonych płynnie kondensatorami zmiennymi lub wariometrami (cewka o zmiennej indukcyjności). Na rysunku 26, przy opisie anteny podwójny Zeppelin przedstawiono skrzynkę antenową do anten symetrycznych o dużej impedencji. W niniejszym rozdziale została opisana skrzynka antenowa do anten niesymetrycznych, zasilanych kablem koncentrycznym (rys. 181) [13]. Cały układ dopasowujący umieszczono w obudowie metalowej, o wymiarach $200 \times 100 \times 200$ mm. Przełącznik $P1$ pozwala; ominąć skrzynkę antenową (poz. O), przełączyć nadajnik na sztuczne obciążenie (poz. D), lub uziemić antenę i wyjście nadajnika w czasie wyładowań atmosferycznych. Cewka L_1 nawinięta została na ceramicznym karkasie o średnicy 40 mm i długości 110 mm. Ma ona odczepy co 4 zwoje, podłączone bezpośrednio do przełącznika obrotowego. Można również, zamiast cewki z odczepami zastosować wariometr o podobnej indukcyjności ($24 \mu\text{H}$). Kondensator C_2 , dwusekcyjny, ma zwiększone odległości międzypłytkowe. Przy strojeniu anteny za pomocą skrzynki antenowej, pomiędzy nadajnik a skrzynkę należy włączyć reflektometr. Można również zamontować opisany w 8.1. reflektometr w obudowie skrzynki antenowej.

ZAKOŃCZENIE

W niniejszej książce autor chciał przeglądowo zaprezentować anteny stosowane przez krótkofalowców. Nie należy traktować niniejszego opracowania jako publikacji wyczerpującej, opisującej wszystkie anteny KF i UKF. Kierowana jest ona głównie do średnio zaawansowanych i początkujących krótkofalowców oraz tych, którzy chcieliby w przyszłości poważnie zainteresować się amatorską łącznością radiową. Również CB-owcy znajdą w książce coś dla siebie.

Kierując się tą zasadą autor pominął trudne zagadnienia teoretyczne, skupiając się głównie na praktycznych zastosowaniach anten KF i UKF. Nie wspomniano o antenach krzyżowych, parabolicznych, liniach zasilających, propagacji fal radiowych i innych zagadnieniach, które były szeroko omawiane dotychczas w literaturze krajowej i zagranicznej [1, 2, 13, 15].

Jeżeli będzie istniało wśród krótkofalowców zapotrzebowanie na publikacje, takie jak przedstawiona, to drugie wydanie niniejszego poradnika może ukazać się w podwójnej objętości.

Autor będzie wdzięczny za wszelkiego rodzaju uwagi, spostrzeżenia oraz pytania, które w przyszłości mogą zaowocować bardziej obszerną publikacją.

Z amatorskim 73!

Jacek Matuszczyk, SP2MBE
SP-46, 87-200 WĄBRZEŻNO
tel. (056) 88-12-34

LITERATURA

Książki

1. Bieńkowski Z. (SP6LB): *Anteny KF i UKF*, WKŁ, wyd. 1/1978
2. Bieńkowski Z. (SP6LB): *Poradnik ultrakrótkofalowca*, WKŁ, wyd. 1/1988
3. Chojnacki W. (SP5QU): *Instalowanie i wyposażanie radiostacji*. WKŁ, wyd. 2/1986
4. Ciepiewski T., Janeczek A., Krassowski K.: *Pasma 50 MHz*, PPU ZMAG, wyd. 1/1992
5. Girulski R. (SP5QQ): *Amatorskie urządzenia krótkofalowe*, WNT, wyd. 1/1963
6. Janeczek A.: *CB Radio*, WKŁ, wyd. 1/1992
7. Jessop G. R. (G6JP): *VHF/UHF Manual*. RSGB, wyd. 5/1990
8. Kniżew A.: *Jak działa radiostacja*, MON, wyd. 1/1956
9. Michalina J., Wielgościński B.: *CB i radiokomunikacja*, BOGMAR, wyd. 1/1993
10. Pieniak J.: *Anteny telewizyjne i radiowe*, WKŁ, wyd. 1/1993
11. Praca zbiorowa: *Korotkowalnowyje anteny z wiertikalnoj poliarizacnoj*. Wyd. 1/1991 Kijów
12. Praca zbiorowa: *Radio Communication Handbook*. RSGB, wyd. 5/1982
13. Praca zbiorowa: *The ARRL Antenna Book*. ARRL, wyd. 16/1992
14. Praca zbiorowa: *The Radioamateur's Handbook*. ARRL, wyd. 61/1984
15. Rothmammel K. (Y21BK): *Antennenbuch*. MDDR, 11/1989
16. Szpakowski Z. (SP5AHY): *Pomiary w radiokomunikacji amatorskiej*. WKŁ, wyd. 2/1978

Czasopisma

17. Radio Communication — 1990—1995
18. Krótkofalowiec Polski — 1990—1995

Katalogi

19. Amateurfunk — Ricofunk 1991
20. Anteny — PPHU „Jack”, wyd. 2/1995
21. Hotline international 1992/1993
22. Kształowniki aluminiowe — ZML „KĘTY” 1994
23. Panorama antennas 1994
24. Radio Communications Catalogue — Waters & Stanton 1994
25. Elektronik World AFS 1994
26. „Załam” — Szczecin
27. ZA Tarnów
28. ZZE „UNICON” 1993

Praktyczny poradnik umożliwiający wszystkim krótkofalowcom samodzielne zbudowanie anteny dowolnego typu, zawierający parametry, *budowę i zasadę działania wszystkich typów anten:*

- **krótkofalowych,**
- **ultrafalowych,**

w tym najnowszych typów anten:

- **magnetycznych,**
- **logarytmiczno - aperiodycznych.**

Nowością w tego rodzaju literaturze jest dział dotyczący materiałów i podzespołów używanych do budowy i montażu anten, w którym Czytelnik znajdzie również adresy firm zajmujących się dystrybucją tych elementów.